أبطال جسمك و أشراره

المستكشفون الميكروسكوبيون



معركة الأبطال المدافعين
عن حياة الإنسان
ضد عدوان
البكتريا والفيروسات

تأليف: نوربرت لاندا وپاتريك باورل

ترجمة: د. زينب شحاتة

دار الشروق

أبطال جسمك و أشراره

المستكشفون الميكروسكوبيون

معركة الأبطال المدافعين
عن حياة الإنسان
ضد عدوان
البكتريا والفيروسات



تأليف نوربرت لاندا وپاتريك باورل

ترجمة د. زينب شحاتة

دار الشروق

مرحبا بكم فى رحـ

كلنا نعلم المعاناة التى نشعر بها عند إصابتنا بالبرد. فنحن نعانى من الزكام والرشح والشعور بالتعب والإعياء. ويجب فى هذه الحالة أن نعطس : (آتشوووووه) !

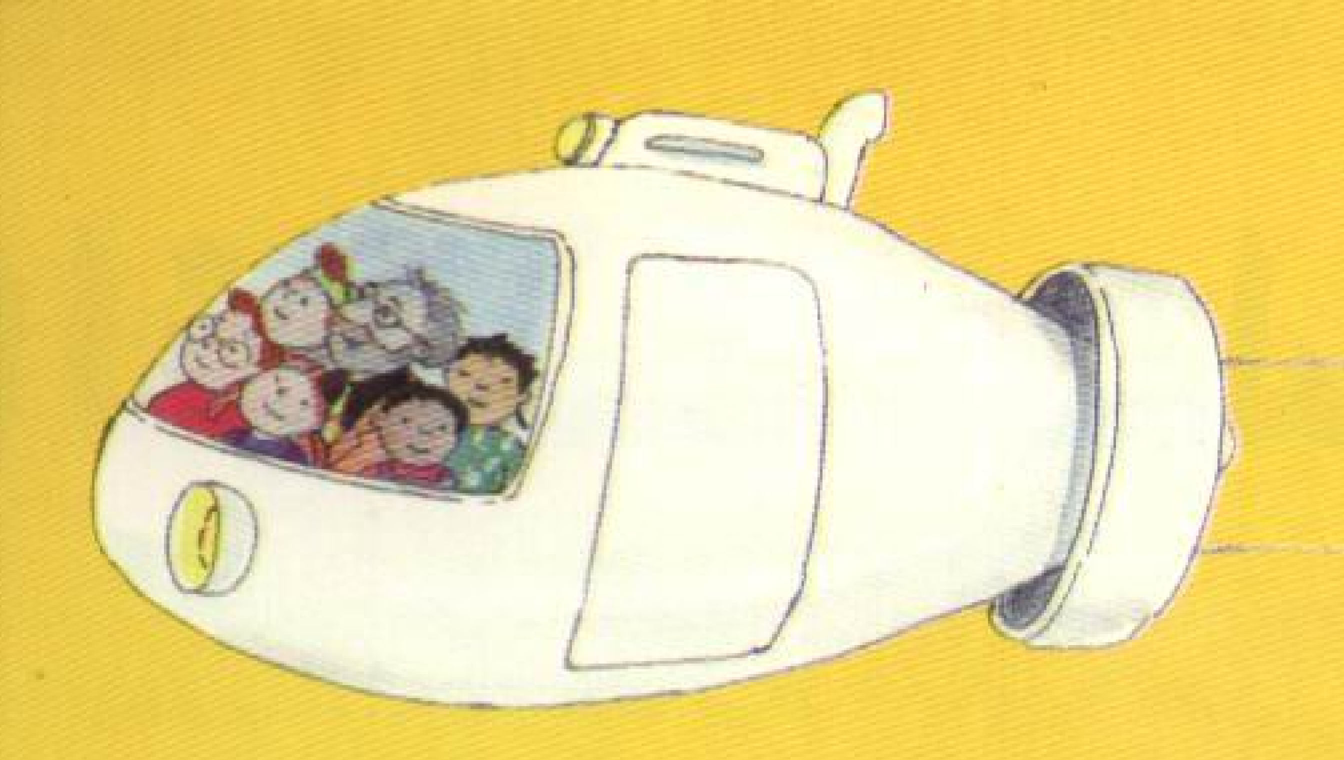
إذن نحن نعرف المرض، ونعرف أن الجراثيم أو الميكروبات هى التى تسبب أمراض البرد والأنفلونزا وهى أمراض معدية تنتقل من شخص إلى آخر.

ولكن كيف تسبب الجراثيم المرض؟ وما أشكال هذه الكائنات؟ وماذا تفعل؟ وكيف تدافع أجسامنا ضد هؤلاء الغزاة بحيث يتم التخلص منهم ؟ وأخيرا ماذا يحدث بالضبط عند إصابتنا بالبرد؟

إن كبر حجم أجسامنا لا يسمح لنا برؤية المعارك المدهشة التى تدور بين الميكروبات الدقيقة والخلايا الدفاعية داخل الجسم. فعيوننا لا تستطيع رؤية هذه الحروب المذهلة. ولكن من الممكن أن نرى جزءا من آثار تلك الحروب. فبعطسة واحدة تسقط ملايين الميكروبات على منديل الورق فى صورة المادة المخاطية التى تحتوى على ضحايا المعركة : الميكروبات وخلايا الدفاع التى ماتت.



ـــلتنا



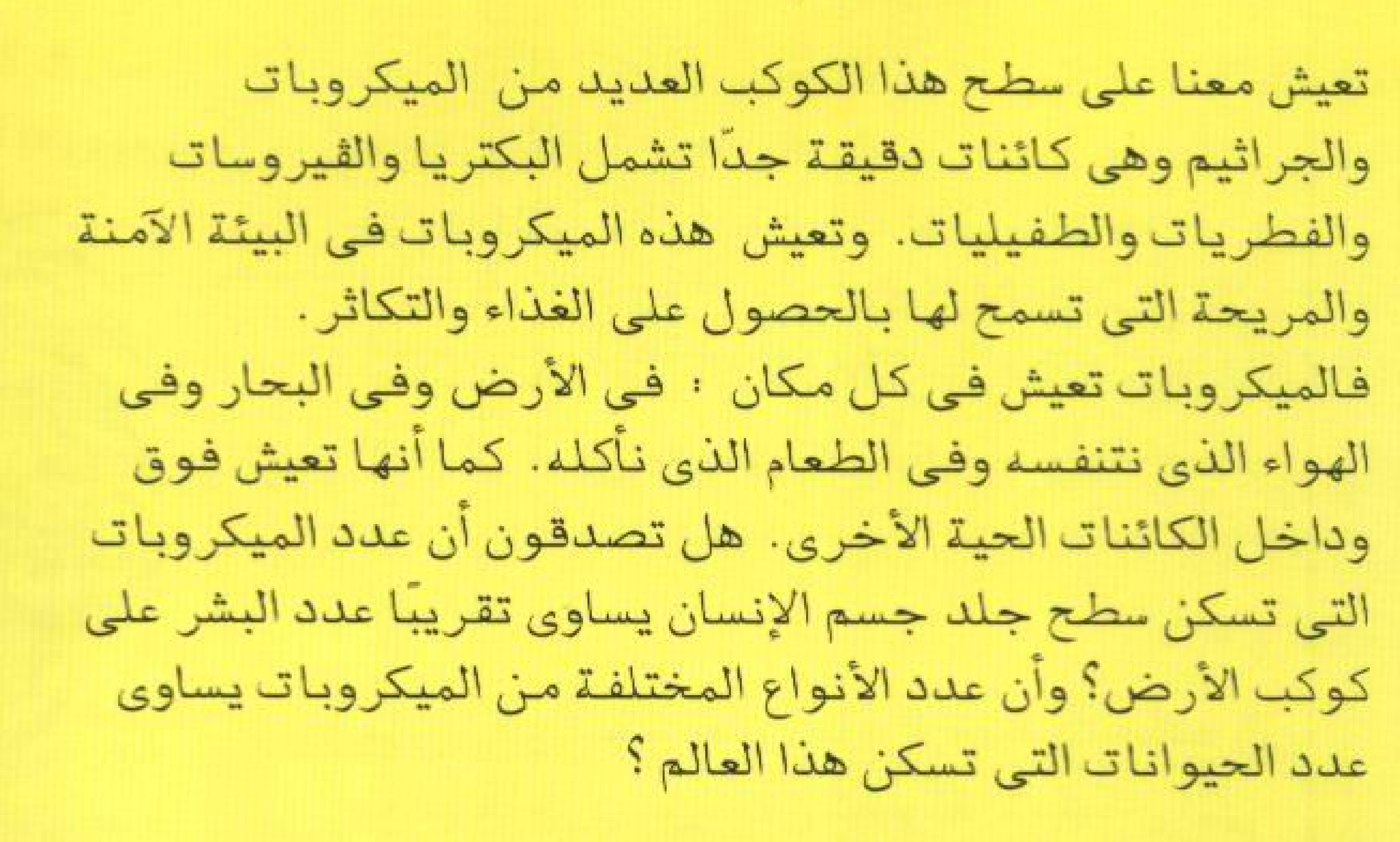
هيا بنا نلقى نظرة على هذا الأمر، لنشاهد الأحداث التى تجرى بين الأشرار المتسببين فى إصابتنا بأمراض البرد والأمراض الأخرى، وبين الأبطال الذين يعيشون فى أجسامنا لمقاومة الأشرار والقضاء عليهم. سوف نزور عالما غاية فى الغرابة.

سأكون مرشدكم خلال هذه الرحلة وأدعوكم إلى مغامرة أخرى على متن كبسولة الانكماش التى سوف تجعلنا ننكمش إلى أحجام الغزاة من الميكروبات وجنود الدفاع البواسل من خلايا المناعة. فمجموعة الأشرار تمثلها البكتريا والڤيروسات، ومجموعة الأبطال تمثلها خلايا جهاز المناعة.

والحقيقة أن هذا الموضوع مسألة حياة أو موت. ففى كل لحظة من حياتنا سواء كنا أصحاء أم مرضى، تغزو أجسامنا أنواع مختلفة من الميكروبات، وتحاول أن تتخذ مسكنا فى خلايا جسمنا لأنه يمثل لها بيئة دافئة ومريحة يتوافر فيها الغذاء بصفة مستمرة. وسوف نتعرف على الحيل الخبيثة التى تلعبها الميكروبات لكى تغزو الجسم، وأيضا على الخطط الحربية المضادة والبارعة التى تضعها خلايا الدفاع لتحفظ لنا الجسم خاليا من الميكروبات. فهيا بنا نبحث عن الأسباب التى تجعل الميكروبات تسبب لنا المرض وعن الأحداث التى تقع فى مواقع الغزو (مواقع الالتهابات). كما أننا نريد أن نعرف الدور المفيد والمهم الذى تلعبه الحمى فى بعض الأحيان، ودور المضادات الحيوية وعملية التطعيم فى مساندة الخلايا الدفاعية فى الجسم.

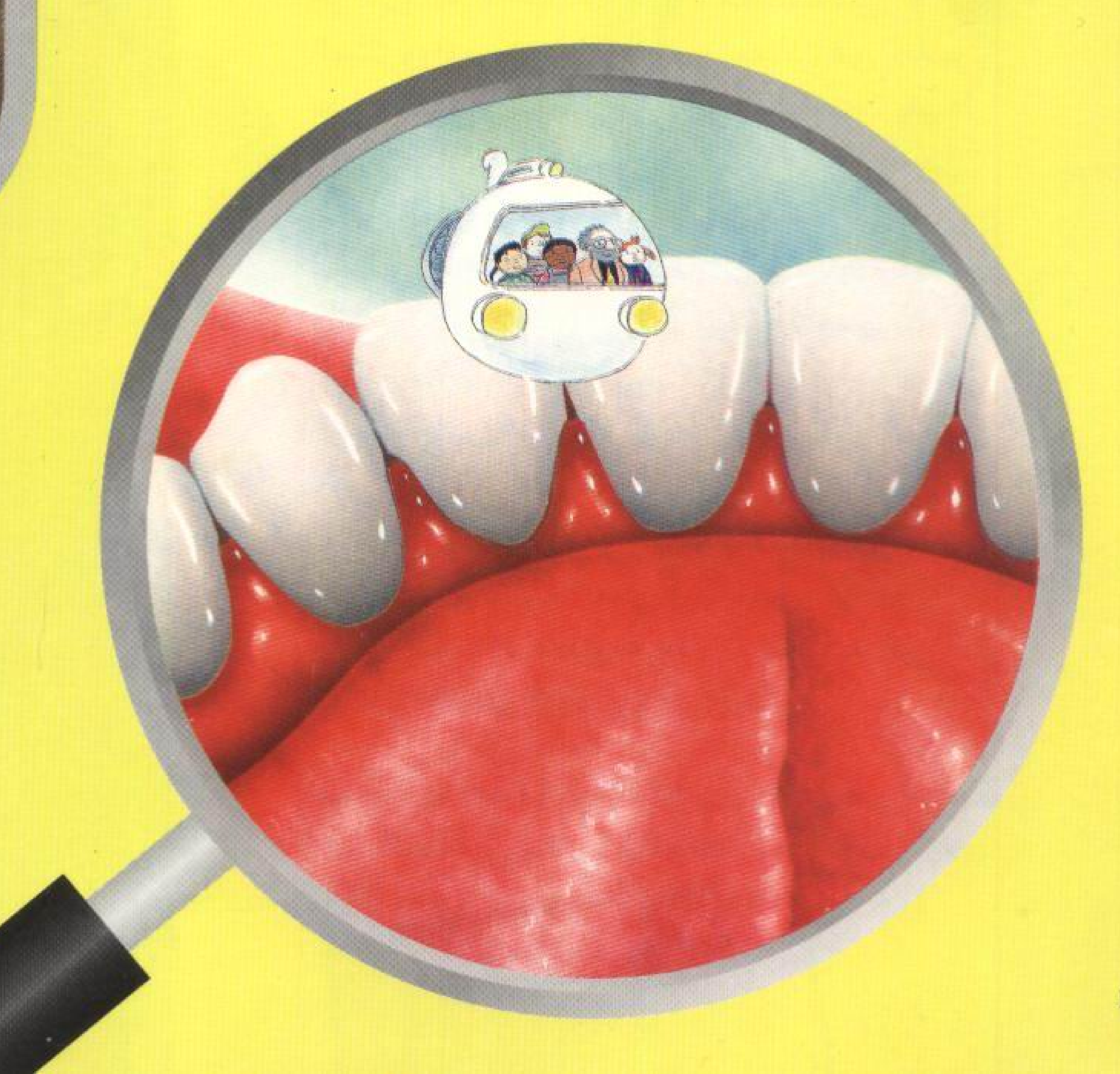
هيا بنا يا أصدقائى ننكمش وندخل إلى أنف أحد المصابين بالبرد لنشاهد المعركة الدائرة هناك.

النـــاس والميكـ



تعيش معنا على سطح هذا الكوكب العديد من الميكروبات والجراثيم وهى كائنات دقيقة جدًا تشمل البكتريا والفيروسات والفطريات والطفيليات. وتعيش هذه الميكروبات فى البيئة الآمنة والمريحة التى تسمح لها بالحصول على الغذاء والتكاثر.
فالميكروبات تعيش فى كل مكان : فى الأرض وفى البحار وفى الهواء الذى نتنفسه وفى الطعام الذى نأكله. كما أنها تعيش فوق وداخل الكائنات الحية الأخرى. هل تصدقون أن عدد الميكروبات التى تسكن سطح جلد جسم الإنسان يساوى تقريبًا عدد البشر على كوكب الأرض؟ وأن عدد الأنواع المختلفة من الميكروبات يساوى عدد الحيوانات التى تسكن هذا العالم ؟

أترون هذا المنظر الغريب؟! إنه مجرد سطح السّن التى نراها، وهو مغطى ببقايا الطعام والبكتريا. فالكثير من البكتريا تسكن فى الفم لتعيش على المواد السكرية التى نتناولها. ومع أننا لم ننكمش إلى الحد الذى يمكّننا من أن نرى هذه الميكروبات، إلا أننا بالطبع نشعر بوجودها. فكلنا عانينا من آلام تسوس الأسنان المزعجة، والناتجة عن الفضلات الحمضية التى تفرزها البكتريا والتى يمكن أن تسبب حفرًا فى أسناننا.



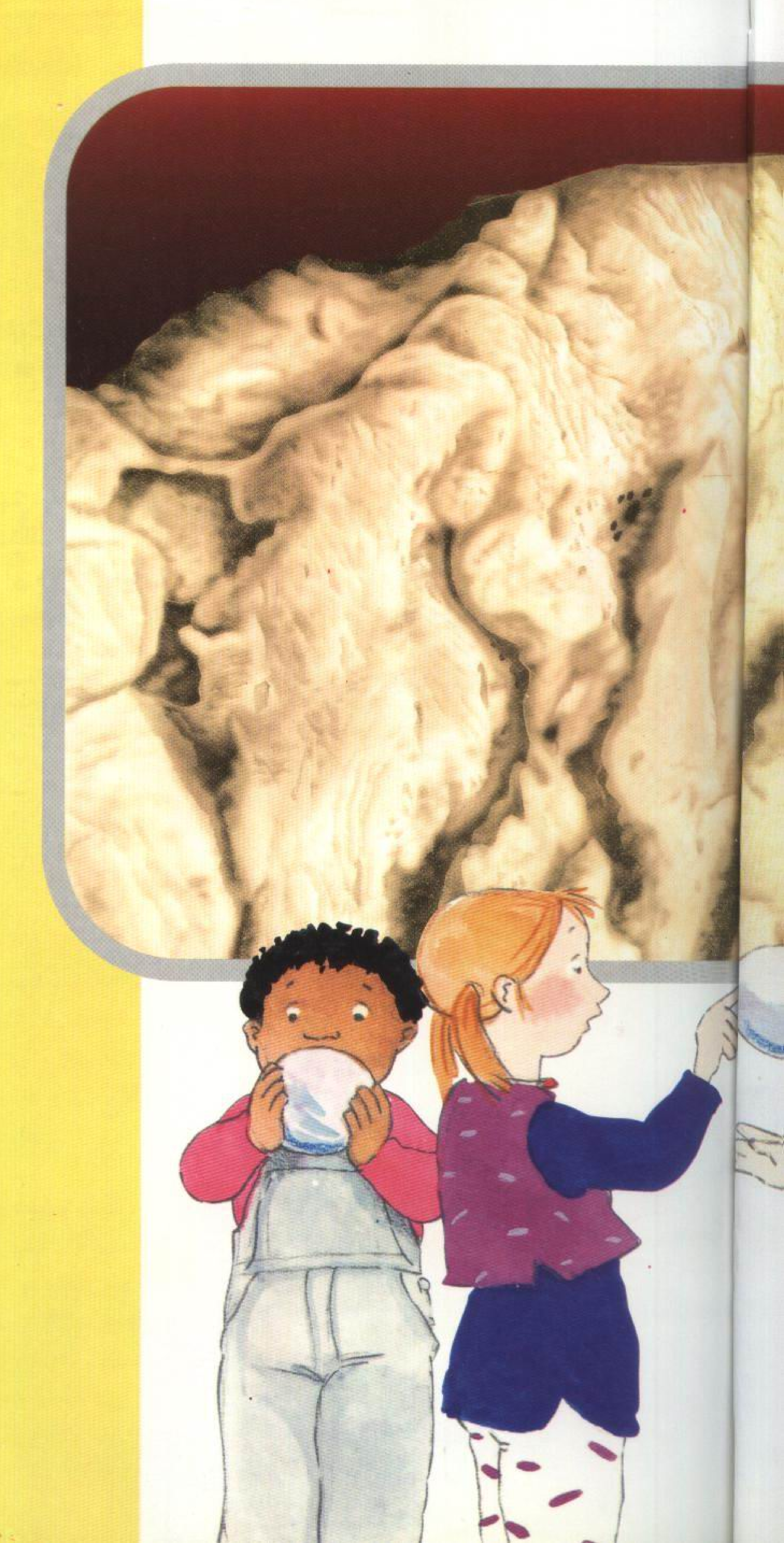
ـروبـــــات

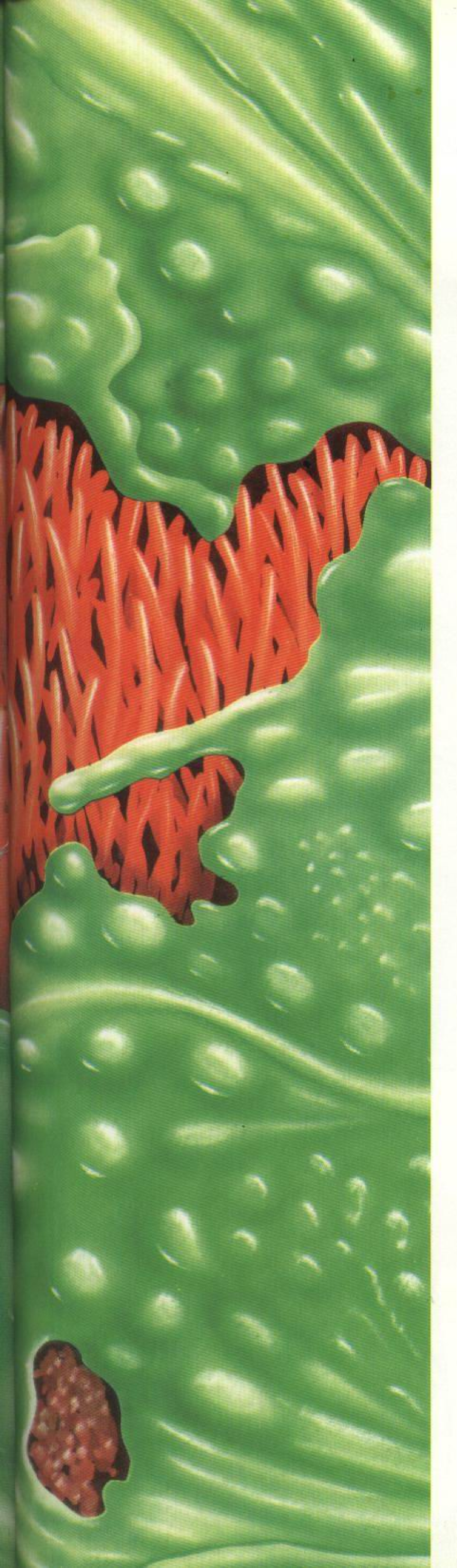
هناك أنواع من البكتريا تعيش فى سلام مع خلايا الجسم. فمثلا، تساعدنا بعض البكتريا التى تعيش فى الأمعاء على هضم الطعام. ولكن هناك أنواعا أخرى مثل بكتريا التسوس تسبب لنا الأضرار. كما أن البعض الآخر يدمر خلايا الجسم من أجل أن يعيش ويبقى. وهذه النوعية الأخيرة هى الجراثيم التى تسبب لنا الأمراض المعدية. أما بالنسبة للميكروبات الموجودة خارج الجسم فنستطيع أن نتغلب على أضرارها باستعمال الصابون الذى يقتل معظم الفيروسات. كما أن تعقيم الماء بالغليان يؤدى إلى قتل البكتريا.

وتقتحم الميكروبات جسم الإنسان بطرق مختلفة، وبمجرد دخولها إلى الجسم فإننا بالطبع لا نستطيع أن نحاربها باستعمال الصابون والماء المغلى!! ولهذا، فإنه لابد من وجود أسلحة أخرى. وتلك هى خلايا جهاز المناعة التى يسافر البلايين منها بصفة مستمرة فى جميع أنحاء الجسم لتحافظ عليه خاليا من الدخلاء المعتدين. وتستطيع هذه الخلايا أن تعثر على أى عدو فى أى بقعة من الجسم. كما أنها تستطيع أن تتصرف بذكاء أمام حيل الميكروبات وتتغلب عليها. وبمجرد العثور على ميكروب ما تتكاثر خلايا المناعة بسرعة لتنتج المزيد منها لتعد نفسها للقضاء على جميع أفراد هذا النوع من الميكروب.

ويعمل جهاز المناعة على محاربة الميكروبات بصفة مستمرة فى كل ثانية نعيشها ولكننا لا نشعر به مادامت صحتنا فى حالة جيدة. ولكن عندما يغزو الجسم عدد كبير من الميكروبات فإننا نقع مرضى ثم نشفى من المرض بعد ذلك بفضل جهاز المناعة المناضل.

ويعتبر مرض البرد مرضًا غير مريح ولكنه يمر بدون أذى كبير. فبعد أيام قليلة تكسب خلايا المناعة معركتها مع الميكروبات. ولكن هذا لم يحدث بعد فى الجسم الذى نتجول فيه الآن. وهذه فرصتنا لنشاهد المعارك العجيبة التى سوف تخوضها خلايا المناعة لمحاربة البكتريا والتخلص منها. فهيا بنا.





ما الذى يحدث فى الأنف؟

ها قد دخلنا إلى الأنف. انظروا كيف يبدو شكله وهو مصاب بالعدوى!

نرى أمامنا سجادة كثيفة من الخلايا المخاطية التى تبطن الأنف والفم والجهاز التنفسى. وتفرز هذه الخلايا المادة المخاطية اللزجة التى تقوم باصطياد الدخلاء على الجسم كما تحتوى على مواد تقضى على الميكروبات. تتحرك هذه الشعيرات الرفيعة بصفة مستمرة لتحجز الميكروبات والأتربة وأى جسم غريب. وتمنعها من الدخول . وربما يبدو السعال أمرًا مزعجًا لنا ولكنه فى الحقيقة من وسائل الدفاع المفيدة. فالسعال يساعد على خروج المادة المخاطية المحملة بالميكروبات من الحلق والجهاز التنفسى إلى الفم لطردها. ولو حدث وسقطت المادة المخاطية فى المعدة فإن السوائل الحمضية فيها كافية لأن تدمر الميكروبات وتحللها.

وبصرف النظر عن عدم ارتياحنا للتعامل مع المادة المخاطية ، إلا أنها تعتبر من أفضل أسلحة الجسم للتخلص من الجراثيم. وتفرز المادة المخاطية بواسطة الخلايا التى يمكن أن تتعرض للغزو الميكروبى فى أى وقت. ولهذا فإنه على الرغم من أن انسداد الأنف يضايقنا جميعا إلا أنه وسيلة دفاعية للتخلص من الميكروبات وحماية الجسم. .

وكما ترون، فلقد أفرز هذا الأنف الكثير من المادة المخاطية مما أدى إلى انسداده. ومع ذلك فإن ڤيروس البرد الماكر قد استطاع أن يهرب من طبقة المخاط إلى طبقة الخلايا تحتها. بل إنه استطاع أن يغزو الكثير منها مما أدى إلى التهاب و تدميرطبقة الشعيرات الرفيعة فى هذه المنطقة. وغالبا ما تحدث هذه الالتهابات فى مواقع الحروب بين خلايا المناعة والميكروبات .

ولماذا نعطس يا أستاذ؟

عند دخول الأجسام الغريبة إلى الأنف فإنها تزعج الخلايا وتثيرها. والعطس هو تخلص من الأتربة وحبوب اللقاح التى تدخل الأنف، ولكنه يفشل فى طرد معظم الڤيروسات. وبالطبع ، عندما نعطس فإننا نطلق الميكروبات فى الهواء حيث تكون هناك فرصة كبيرة لأن يستنشقها الآخرون وبالتالى يصابون بالعدوى.

وكيف يسبب ڤيروس البرد الأضرار لخلايا الجسم؟

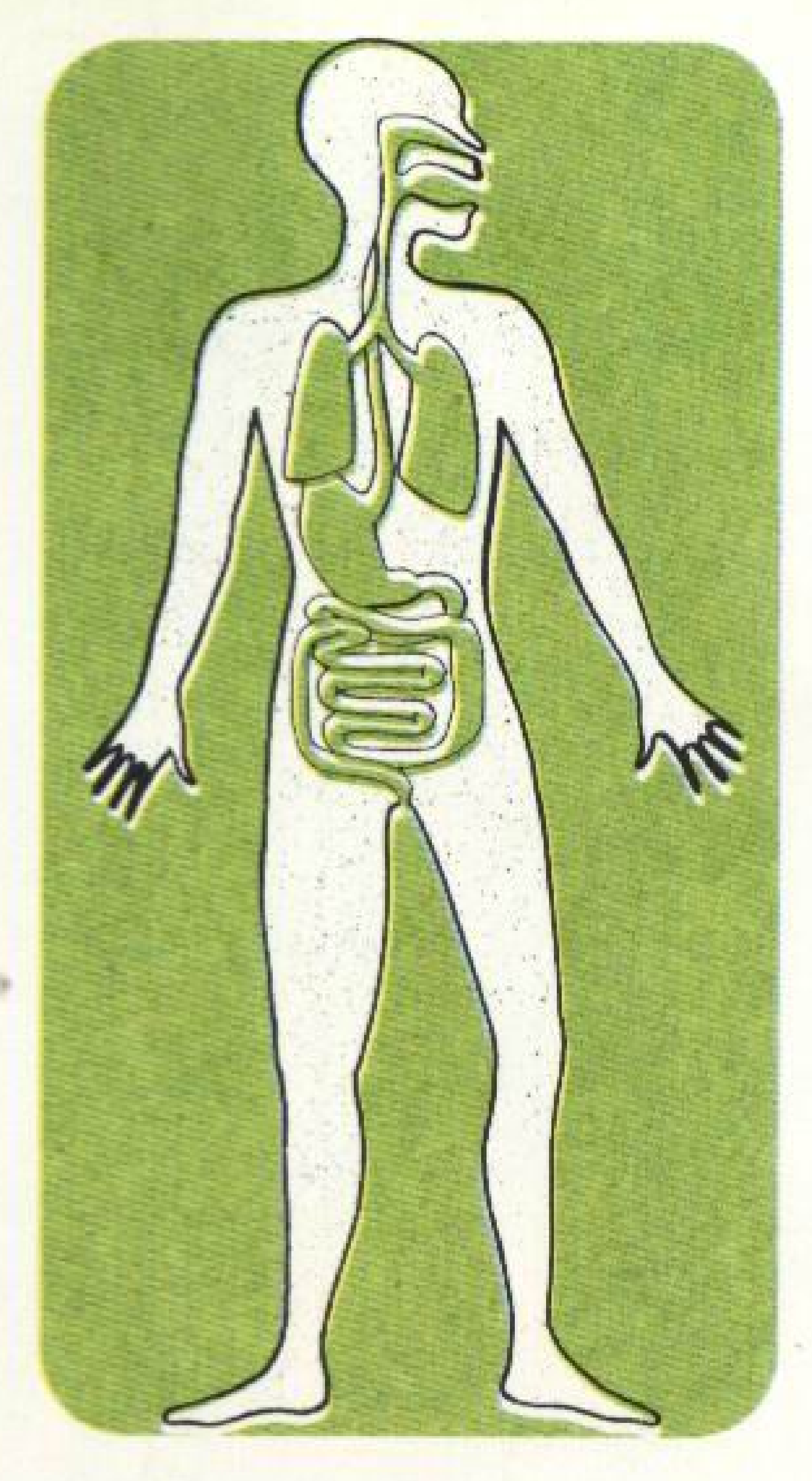
عندما تغزو الڤيروسات خلايا الجسم فإنها تحولها من خلايا سليمة تؤدى وظائفها على خير وجه إلى خلايا مبرمجة تماما لإنتاج ڤيروسات جديدة ولا شىء آخر. ألا يبدو هذا أمرا غريبا؟ حسنا ، لن يقف تعجبكم عند هذا الحد. فعندما نتعرف على أساليب الخلايا والڤيروسات فى أداء عملهما، فإننا نصبح فى حيرة أكثر إزاء الحيل والخدع الماكرة التى يستخدمها كل طرف منهما. ولكنى أقترح أن نبدأ أولاً بالتعرف على الدور المهم الذى يلعبه الجلد فى حمايتنا من الغزاة الصغار. وبالطبع فإنه كلما كان عدد الميكروبات التى تدخل الجسم أقل كان هذا أفضل لصحة الجسم.



الحصن الحصين للجسم

من الممكن أن تعتبر جسمك وكأنه أنبوبة تحيط بها جدران سميكة جدا، وتصب فيها مختلف المواد عن طريق الهواء والشراب والطعام. وتأخذ الخلايا المواد المفيدة من أجل استخدامها فى عمليات البناء وتوليد الطاقة. أما المواد الضارة والفضلات التى تنتج من هذه العمليات فيتم التخلص منها.

ويقوم الجلد بحماية الجسم من الخارج ومن الداخل أيضًا. فبينما يكون الجلد داخل الجسم ناعمًا ورطبًا، فإننا نجد أن سطح الجلد الخارجى يكون جافًا وخشنًا. فهذه الطبقة الخارجية من الجلد تتكون من خلايا ميتة تعمل كالدرع الواقية وتمنع دخول الميكروبات. ولأن الفيروسات لاتهاجم إلا الخلايا الحية، فإنها تفشل فى غزو الجسم عن طريق خلايا الجلد الميتة. أما البكتريا، فإنها لا تستطيع أن تغزو الجلد السليم.

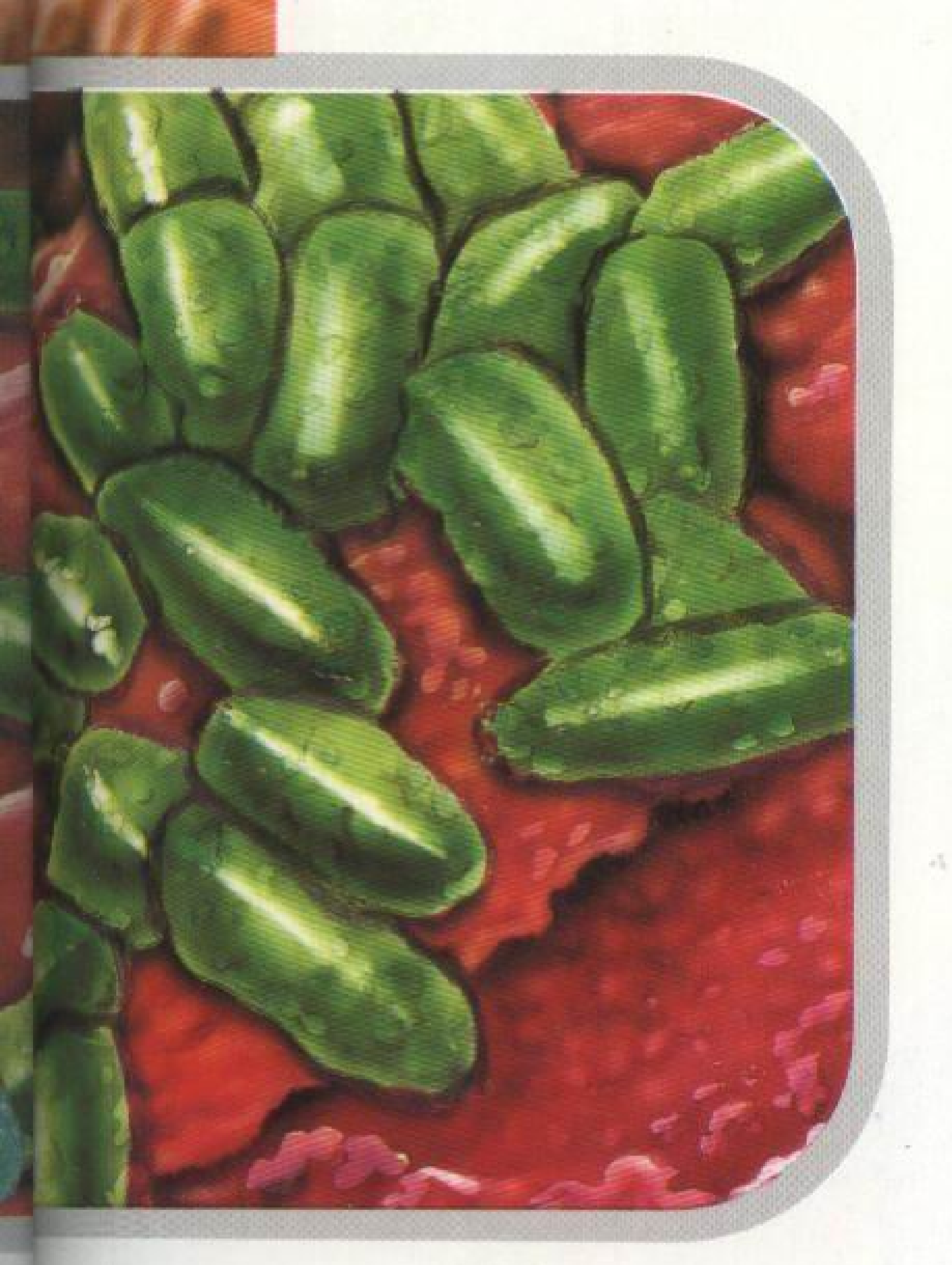


الجلد الذى يكسو أجسامنا من الخارج يكون قويا وجافًا نوعًا ما، وبه طبقة من الخلايا الميتة.

الجلد المخاطى الذى يكسو أجسامنا من الداخل يكون طريًا ورطبا وهو يسمح بدخول المواد المفيدة ويمنع دخول الأتربة والجراثيم وغيرها.

ولماذا يكون سطح الجلد الداخلى رطبا؟

يؤدى سطح الجلد الداخلى وظيفة أكثر تعقيدا من تلك التى يؤديها السطح الخارجى. فخلايا الجلد المخاطية التى تبطن الجسم من الداخل عليها أن تحارب وتطرد الدخلاء والغرباء، وفى الوقت نفسه عليها أن تسمح بمرور المواد المفيدة التى يحتاج إليها الجسم. فتحس خلايا الفم بنكهة الطعام التى تجعله لذيذا، كما تحس خلايا الأنف برائحة الطعام فتضيف بذلك مذاقا أفضل ، ثم تذهب المواد الغذائية إلى خلايا الأمعاء، وتحصل خلايا الرئة على غاز الأكسجين. ولكى تتم هذه العمليات بنجاح فإن خلايا الجلد يجب أن تميز بين الأشياء الضارة بالجسم والأشياء المفيدة. ولهذا السبب نجد أن خلايا السطح الداخلى للجلد تكون أكثر حساسية من خلايا السطح الخارجى. وعلى الرغم من أن خلايا الأنف تنتج المادة المخاطية التى تقتل الميكروبات ، فإنها تكون دائمًا معرضة لهجوم الميكروبات.



وتتحمل خلايا سطح الجلد الداخلى مسئولية صد وطرد جميع أنواع الميكروبات والأتربة والجسيمات الغريبة التى تدخل مع الهواء الذى نتنفسه. ونرى هنا حبة غبار مغطاة بالمادة المخاطية ومحشورة داخلها لحين طردها للخارج فى أقرب وقت.



لقد انكمشنا الآن إلى أحجام صغيرة جدا حتى إننا نستطيع أن نرى هذه البكتريا الخضراء والتى هى جزء بسيط من الملايين العديدة التى تعيش على سطح الجلد. وعادة ما تعيش هذه البكتريا فى سلام مع الجسم طالما استقرت على سطحه ولم تدخل إلى الأنسجة الداخلية ومجرى الدم.

هل تستطيع البكتريا أن تزحف إلى الأذن؟

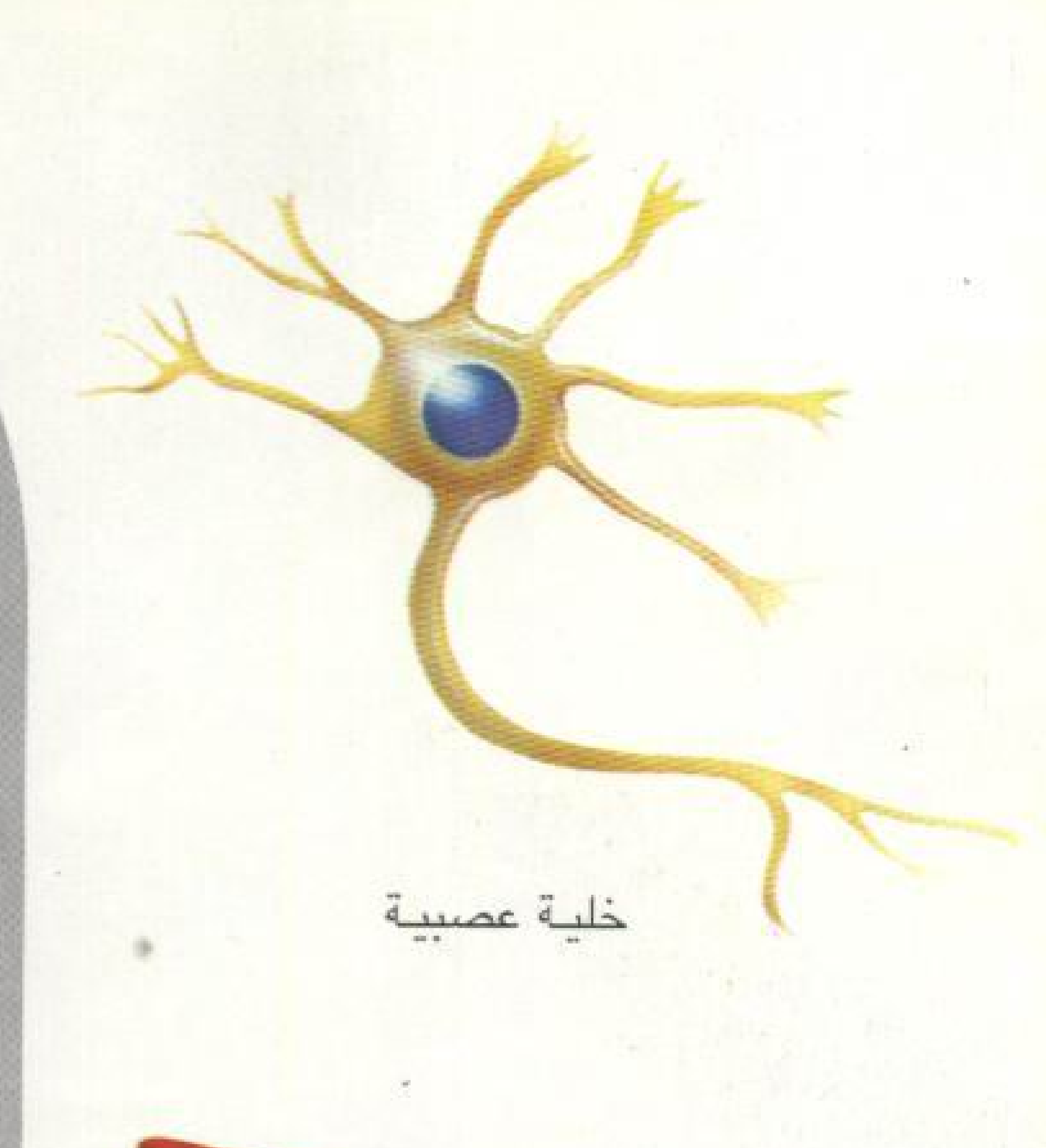
بالطبع تستطيع أن تقوم بذلك إذا سنحت لها الفرصة. ولكن مدخل الأذن يحتوى على المادة الشمعية التى تحميها لاحتوائها على مواد قاتلة للميكروبات. وينطبق نفس الشىء على الدموع والمادة المخاطية والدهون على الجلد ؛ فكل هذه المواد تحتوى على مواد سامة للميكروبات. كما أن هذه السوائل تنساب من الداخل إلى الخارج حتى تعمل على التخلص من الغزاه بانتظام.

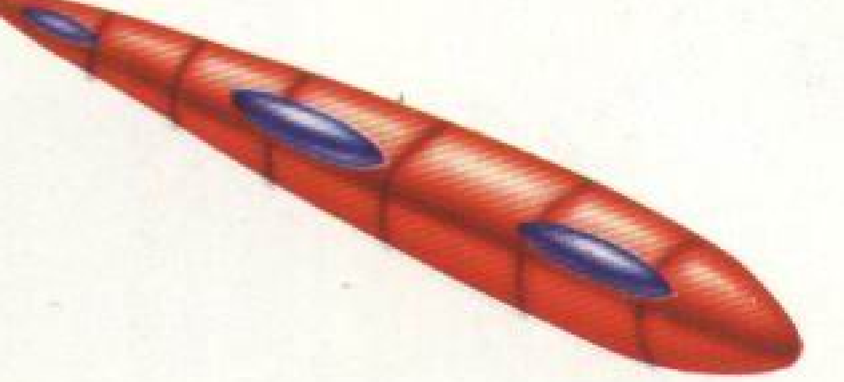
كيـــف تعمـــل الخلايا

لقد ركزنا الحديث حتى الآن على الخلايا المخاطية ، ولكن الجسم يتكون من مئات الأنواع المختلفة من الخلايا التى تكوّن الأجزاء المختلفة فيه. فالخلايا هى وحدات الحياة التى يتكون منها كل كائن حى. فأنسجة الجسم المختلفة تتكون من خلايا مختلفة. وعلى سبيل المثال ، تكون الخلايا الطلائية نسيجا متماسكا يبطن كلاً من الفم والأنف والرئة والحلق والمعدة والأمعاء. وتكون الخلايا العضلية العضلات التى تحرك العظام التى تتكون هى الأخرى من الخلايا العظمية. وتتحرك العضلات بناء على أوامر من الخلايا العصبية. فالخلايا المختلفة ومنتجاتها تتفاعل وتتفاهم بعضها مع بعض بصفة مستمرة حتى يؤدى الكائن الحى وظائفه التى خلق لها. ولكى يعيش جسم الإنسان فى سلام لابد من توافرنوع من الحماية. وتتوافر هذه الحماية عن طريق البلايين من خلايا المناعة التى تسبح فى الدم بصفة مستمرة لتحافظ على الجسم خاليا من الميكروبات. وسوف نتعرف على هذه الخلايا بعد قليل، ولكننا نحتاج فى البداية إلى أن نتعرف على مكونات الخلية بصفة عامة.

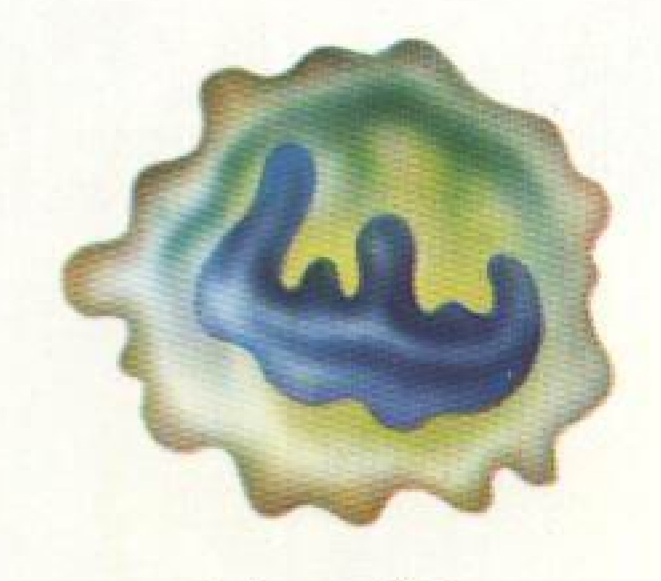
وما نوع هذه الخلية؟

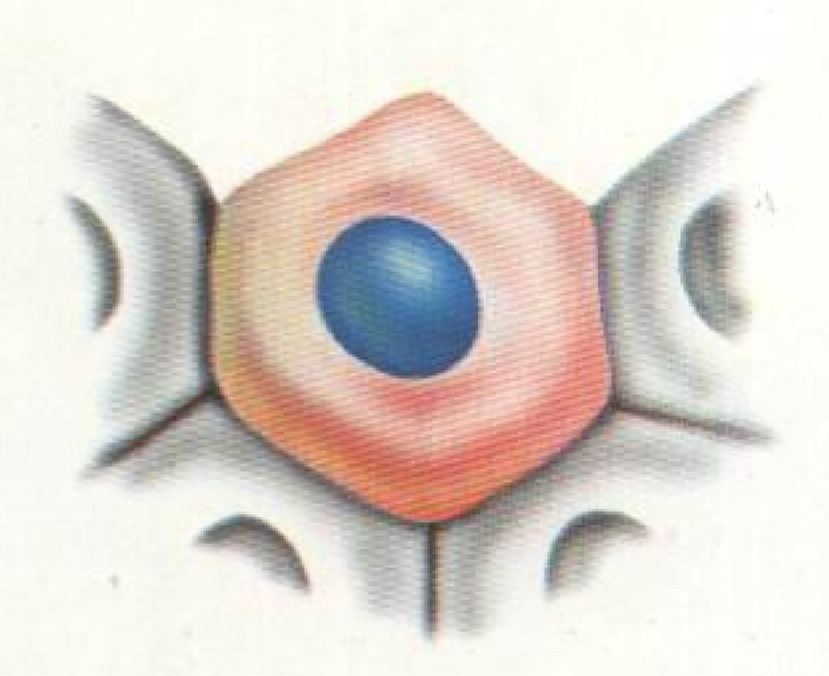
هذه الخلية هى إحدى الخلايا المخاطية فى الأنف. ولكن يجب أن نعلم أن معظم الخلايا تتشابه فى طرق عملها. فالخلايا لها مهمة رئيسية خلقت من أجلها، وهى إنتاج البروتينات، وهى جزيئات معقدة تستخدم كوحدات بناء للخلية ، وكرسائل تنظم عمليات التعاون بين الخلايا، وكمنشطات للتفاعلات الكيميائية. وتتكون معظم الخلايا من نفس الأعضاء أو الأجهزة. فالخلايا لها جلد يسمى غشاء الخلية ، ولها هيكل داخلى، كما تحتوى الخلايا على مصانع لإنتاج البروتينات تسمى بالريبوسومات، ومحطات توليد طاقة تسمى بالميتوكوندريا ، وجهاز مركزى يسمى بالنواة، وهى الموقع الذى تختزن فيه جميع الخطط والمعلومات التى تحدد للخلية ماذا تفعل فى كل شئونها. ونطلق على هذه الخطط اسم الجينات، وهى وصفات تفصيلية لإنتاج البروتينات. ويحتوى الجسم على ١٠٠ ألف نوع من البروتينات المختلفة تؤدى ١٠٠ ألف وظيفة مختلفة.


خلية عصبية


خليـة عضليـة


خليـة دم حمـراء


خلية دم بيضاء


خليـة جلـد



ولماذا لا نرى الچينات هنا يا أستاذ؟

لأن الچينات توجد على شريط خيطى رفيع جدا يسمى الدنا (DNA) مخزّن فى النواة التى لم ندخلها بعد. وتستطيع الخلايا أن تقرأ التعليمات و الوصفات على الچينات وأن تصنع البروتينات الخاصة بكل وصفة. وتحدد الچينات النشيطة فى كل خلية نوع البروتينات التى تنتجها هذه الخلية وبالتالى تحدد وظائفها. فالچينات النشيطة فى الخلية المخاطية تملى على هذه الخلية أن تتخصص فى إنتاج البروتينات التى تكون المادة المخاطية، بالإضافة إلى إنتاج البروتينات الأخرى التى تحتاج إليها.

وإذا فكر أحد منا أن يغير من سلوك أو طريقة حياة أى خلية، فإننا بلاشك سوف نبدأ بتغيير چينات هذه الخلية. فالچينات تمثل عالمًا مثيرًا تتجلى فيه لمحة من قدرة وعظمة الخالق سبحانه وتعالى.

كـائنـــــات صغـــيرة جـــداً

الفيروسات ميكروبات صغيرة جدًا. ويوضح الشكل على اليمين النسبة بين أبعاد الفيروسات وأبعاد كل من البكتريا و خلايا الجسم. يمثل الخط الأزرق فوق كل صورة مسافة 10 ميكرومترات (الميكرومتر يساوى واحدا على الألف من المليمتر). والفيروس صغير جدا جدا لدرجة أنه بعد أن يتم تكبيره، فإنه سوف يبدو كنقطة صغيرة. ويعتبر فيروس شلل الأطفال من أصغر الفيروسات التى تم اكتشافها ويتطلب الأمر 16 مليونًا من هذه الفيروسات لتغطية المليمتر الواحد.

أما البكتريا فإنها ضخمة جدًا بالنسبة للفيروسات. وذلك لأن عدد البكتريا التى تغطى المليمتر الواحد يتعدى الألف. وللمقارنة نرى هنا خلية دم حمراء وخلية دم بيضاء (التى هى واحدة من خلايا المناعة الشجاعة) وكلتاهما أكبر من البكتريا بعشرات المرات.

وكيف يستطيع هذا الفيروس الضئيل جداً أن يعيش؟

الحقيقة أن الفيروسات لاتعيش بالطريقة التى تعيش بها البكتريا والأفيال والبشر. فالبكتريا تحتوى على كل المكونات الصغيرة والكبيرة التى تحتاج إليها الخلية لكى تعيش وتنعم بالحياة. أما نحن فنعيش بفضل طبيعة الخلايا الحية التى نتكون منها. ولكن الفيروس يختلف تماما عن الكائنات الحية، فهو يتكون من غطاء من البروتين بداخله بعض الجينات الفيروسية فقط. ولهذا فإن الفيروسات لا تستطيع أن تعيش إلا فى خلية عائلة، لتهيمن وتسخر ما بها من أجهزة من أجل إنتاج ذرية كبيرة لكل فيروس.

وما هى الخلية العائلة؟

هى الخلية التى يغزوها الفيروس. وبالطبع قد أجبرت هذه الخلايا برغمها على استضافة الفيروس. وتتخصص الفيروسات فى غزوها للخلايا، فبعضها تغزو خلايا الحيوانات بما فيهم الإنسان، وبعضها تغزو خلايا النبات وحتى البكتريا. فمثلا، يتخصص فيروس البرد فى غزو الخلايا المخاطية التى توجد فى الجهاز التنفسى فى جسم الإنسان ولا يغزو غيرها من الخلايا.

مسافة ١٠ ميكرومتر



خلية دم بيضاء

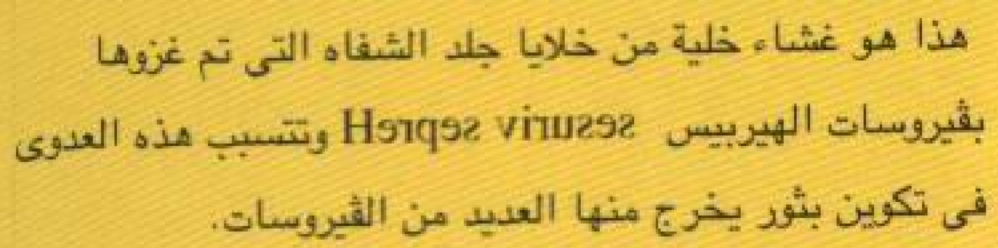


خلية دم حمراء



بكتـــريــــا

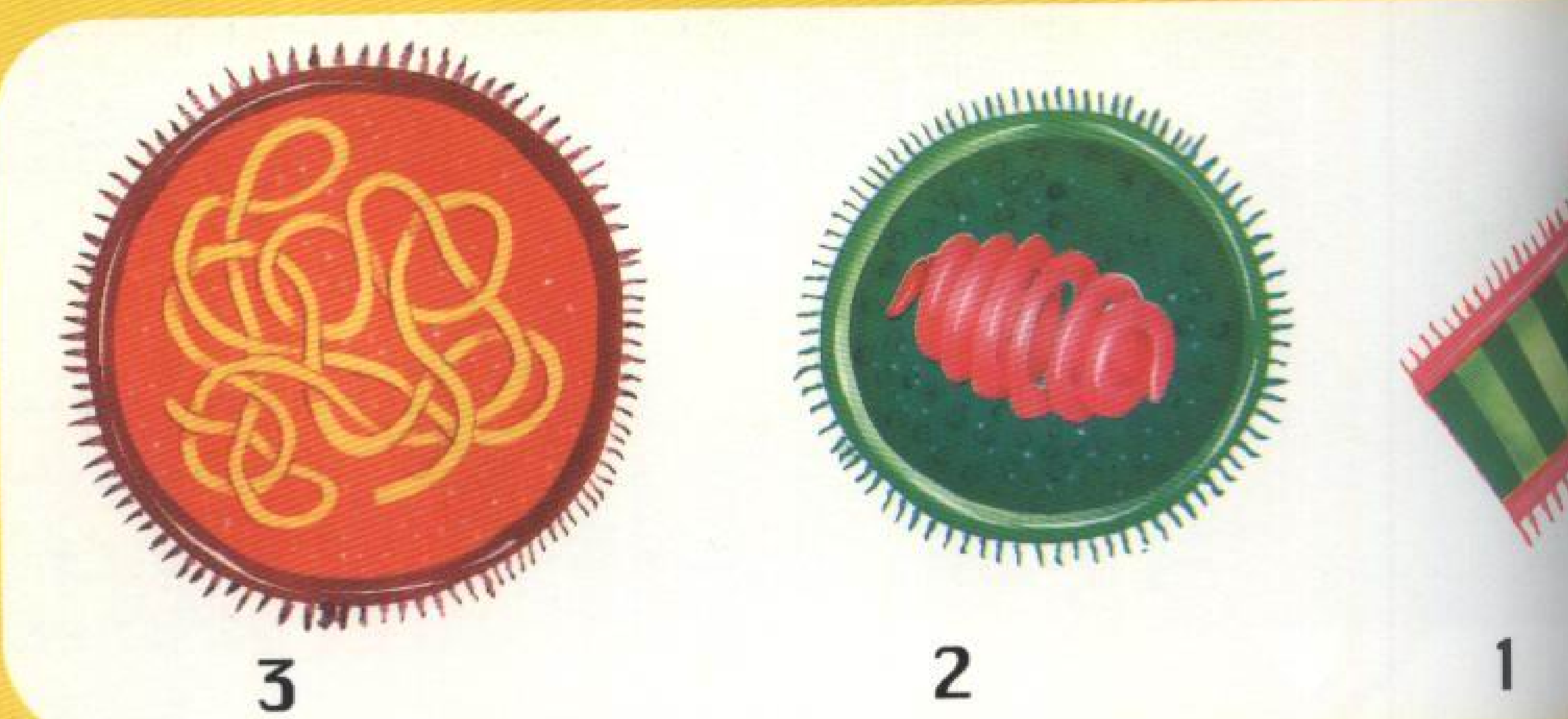
فـــيروســـات

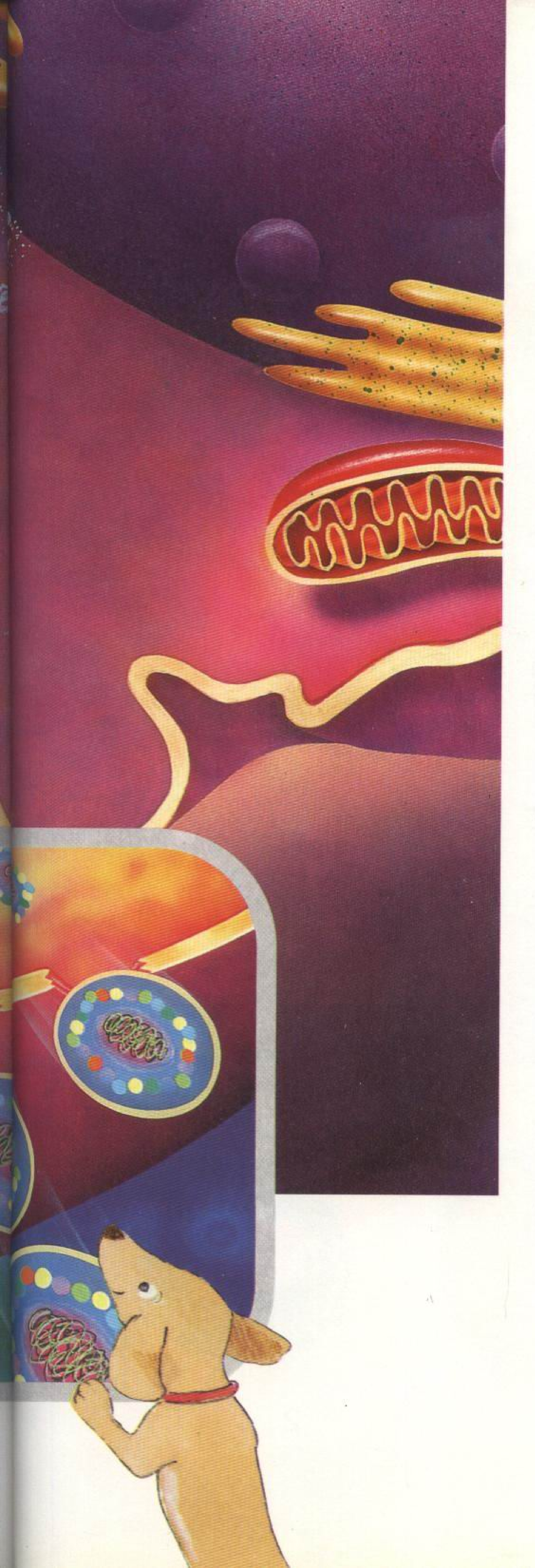


هذا هو غشاء خلية من خلايا جلد الشفاه التى تم غزوها بڤيروسات الهيربيس Herpes viruses وتتسبب هذه العدوى فى تكوين بثور يخرج منها العديد من الڤيروسات.

توجد أنواع كثيرة من الڤيروسات ولكل منها شكل معين. ونرى هنا:

1 - ڤيروس مرض الكلب.
2 - ڤيروس الأنفلونزا.
3 - ڤيروس شلل الأطفال.





الڤيروس
يغـــزو الخليـــة

يتولى غشاء الخلية حماية الخلية من العالم الخارجى. فهو لا يسمح إلا بمرور الأشياء المفيدة مثل المواد الغذائية والرسائل التى تأتى من خلايا أخرى. ويرجع الفضل فى هذا إلى أنواع متخصصة من البروتينات المتمركزة فى غشاء الخلية، والتى تعمل كحراس أمن، إذ تسمح بالمرور للمواد التى تتوافق فى شكلها مع شكل سطح هذه البروتينات، كما يتوافق المفتاح مع القفل. وعلى هذا الأساس، تلتصق الخلايا مع جيرانها من الخلايا بواسطة بروتينات على السطح، وينتج عن التصاق الخلايا أنسجة متماسكة متينة، مثل أنسجة الجلد والعضلات و الأنسجة المخاطية.

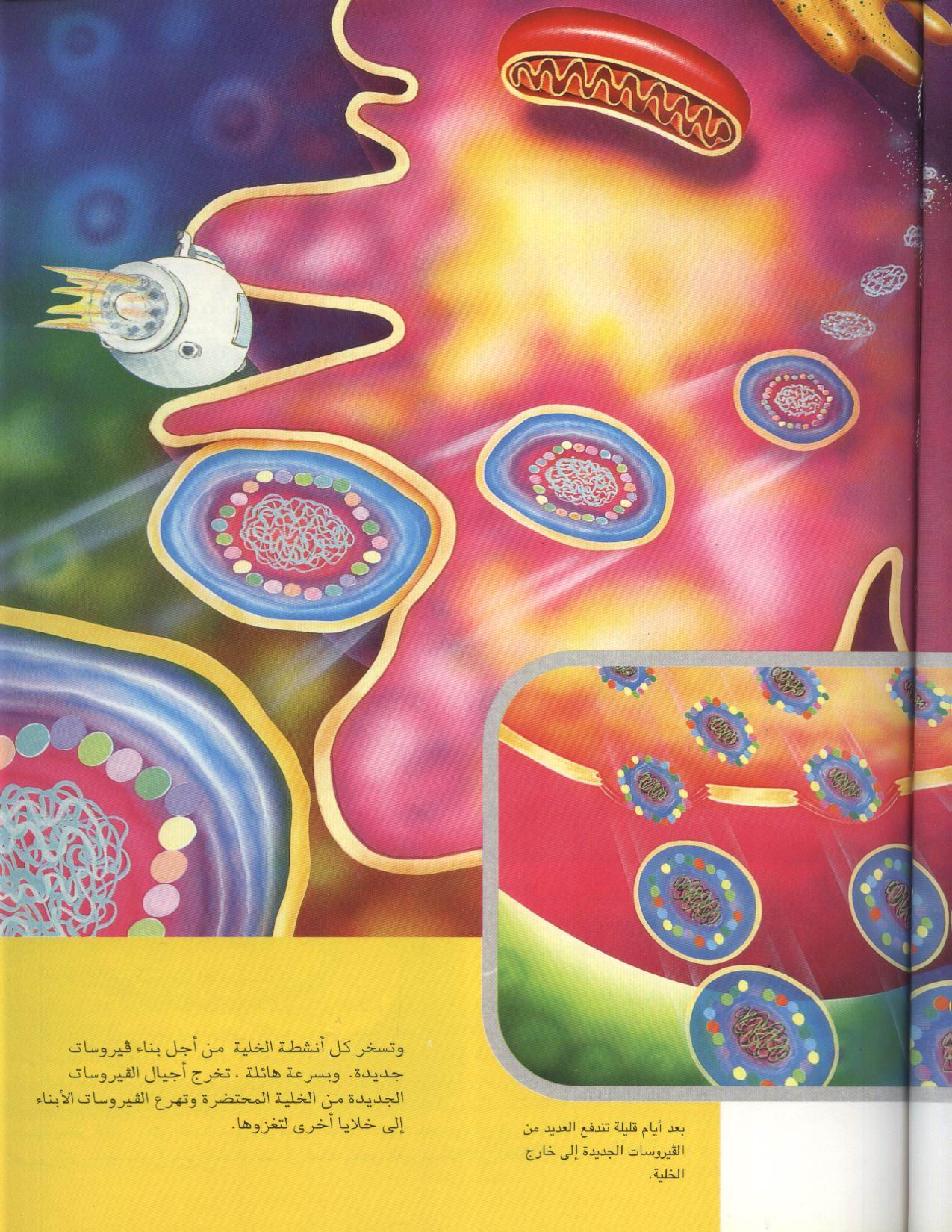
وكيف إذن يتسلل الڤيروس إلى داخل الخلية؟

يحدث هذا لأن الڤيروس يكون عنده المفتاح الصحيح. فتلتصق بروتينات على سطح الڤيروس (وكأنها المفاتيح) مع بروتينات حراس الأمن (وكأنها الأقفال) على سطح الخلية وينتج عنها انقلاب جزء الغشاء الملتصق فيه الڤيروس إلى داخل الخلية. وبالطبع لا يقصد بروتين حارس البوابة أن يسمح للڤيروس بالدخول. ولكن يتصادف أن الڤيروس لديه البروتينات التى تفتح بروتينات حراس البوابة (الأقفال) على سطح الخلية فيستخدمها الڤيروس الماكر، ويتحايل ويتسلل إلى داخل الخلية.

ولماذا نصاب بالبرد فى الأنف والحلق فقط؟

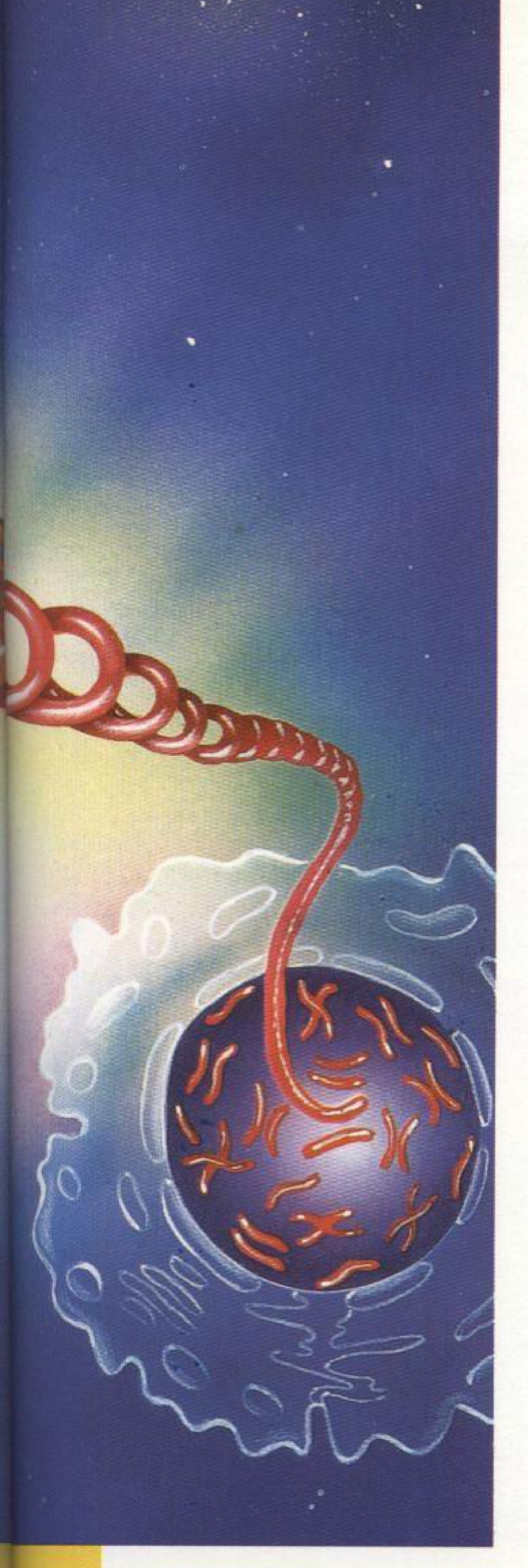
تحتوى أغشية الخلايا المختلفة على بروتينات لها أشكال الأقفال المختلفة. ويحتوى غشاء ڤيروس البرد على بروتينات لها أشكال المفاتيح التى تناسب الأقفال فى خلايا الأنف والحلق فقط، ولا تناسب الأقفال فى الخلايا الأخرى. ولهذا يغزو ڤيروس البرد خلايا الأنف والحلق فقط. وبالطبع تحتوى ڤيروسات أخرى على مفاتيح مختلفة تستطيع أن تفتح بها خلايا أخرى ، مما يجعل الڤيروسات المختلفة تسبب أمراضا مختلفة.

وبمجرد أن يعثر الڤيروس على الخلية المناسبة له، فإنه يلتصق بها ثم يدخلها. وهذه هى الخطوة الأولى فى العدوى. وبدخول چينات الڤيروس إلى الخلية يبدأ العد التنازلى لانتهاء حياة الخلية. فچينات الڤيروس من الآن فصاعدا تتولى زمام الأمور



وتسخر كل أنشطة الخلية من أجل بناء ڤيروسات جديدة. وبسرعة هائلة ، تخرج أجيال الڤيروسات الجديدة من الخلية المحتضرة وتهرع الڤيروسات الأبناء إلى خلايا أخرى لتغزوها.

بعد أيام قليلة تندفع العديد من الڤيروسات الجديدة إلى خارج الخلية.



نرى أمامنا خلية جسم وڤيروسا. كل يحتوى على چينات مخزنة فى سلاسل الدنا.

الڤيروس
هل يحدث تغييرات فى الخلية؟

هل تحتوى الڤيروسات والخلايا العائلة على نفس الچينات؟

بالطبع لا، ولكن الچينات كلها تتكون من نفس وحدات البناء. هيا بنا نلقى نظرة على طريقة عمل الچينات.

توجد الچينات فى خلايا الجسم داخل علب تسمى الكروموسومات وفى معظم الكائنات الحية بما فيها الإنسان توجد الكروموسومات فى نواة الخلية. وهى تتكون من مادة خيطية رفيعة جدا تسمى الحمض النووى المزدوج (دنا) (DNA, deoxyribonucleic acid) يحاط به بروتينات للحماية. ويتكون هذا الحمض من سلسلتين متقابلتين من وحدات البناء ملتفتين بعضهما حول بعض بشكل حلزونى، وعندما ينفك هذا الحبل نجد (الدنا) وكأنه مثل السلم، ودرجات السلم وحدات بناء تسمى بالنيوكليوتيدات (nucleotides). وتوجد أربعة أنواع من النيوكليوتيدات مرتبة بطريقة خاصة على سلم (الدنا). ولهذا فإن كل المعلومات الخاصة بإنتاج البروتينات تكون مخزونة فى ترتيب النيوكليوتيدات على سلاسل (الدنا). فالچينات هى تلك الأجزاء من (الدنا) التى تحتوى على وصفات لصنع البروتينات. مثلا، تتلقى الخلية المخاطية التعليمات من الچينات فيها، ثم تنفذ هذه التعليمات حتى تتعلم كيف تصنع بروتيناتها.

أما الڤيروس فإنه لا يحتوى على نواة، ولذلك فإن (الدنا) الخاص به يوجد ملفوفا بطريقة «غير منتظمة» مثل خيوط المكرونة الإسباجيتى، وإذا استطعنا أن نفك سلاسل (الدنا) الڤيروسى، فسنجده يشبه من ناحية التركيب (الدنا) الموجود فى خلايانا مثل سلم حلزونى. وذلك لأن (الدنا) فى البشر والڤيروسات يتكون من نفس الأنواع من وحدات البناء التى تسمى النيوكليوتيدات.

ويكمن الاختلاف بين (الدنا) الڤيروسى و(دنا) الإنسان فى كيفية ترتيب النيوكليوتيدات على السلسلة. فترتيب النيوكليوتيدات على سلسلة (الدنا) الڤيروسى يختلف عن ترتيبها على سلسلة (الدنا) فى الإنسان. ولذا يحتوى الڤيروس على چينات مختلفة تعطى وصفات وتعليمات لصنع بروتينات مختلفة. وبمجرد أن تدخل چينات الڤيروس إلى الخلية العائلة، فإنها تصاب بالعدوى. ويعنى هذا أن تبدأ الخلية فى تنفيذ الأوامر التى تمليها عليها چينات الڤيروس، وهى أن تكرس الخلية بقية حياتها لانتاج المزيد والمزيد من الڤيروسات الجديدة.

ما الأمراض التى تسببها الڤيروسات؟

تسبب الڤيروسات أمراضا مثل البرد والأنفلونزا والحصبة، وأيضا الأمراض الخطيرة مثل شلل الأطفال والجدرى ومرض الكلب. ولكن بعض الڤيروسات لا تسبب لنا الأمراض بعد غزوها للخلايا مباشرة. فهذه الڤيروسات الخبيثة تنتظر اللحظة التى يكون فيها جهاز المناعة مشغولاً ومنهمكًا فى حروب فى مواقع أخرى من الجسم حتى تتكاثر وتدمر الخلايا بدون أن تواجه أى مقاومة. وهناك ڤيروسات حاملة يحملها بعض الناس مدى الحياة بدون أن تسبب أضرارًا كثيرة للجسم مثل ڤيروسات الهربيز التى تسبب بثورًا على الشفاه. كما أن هناك بعض الڤيروسات التى تحافظ



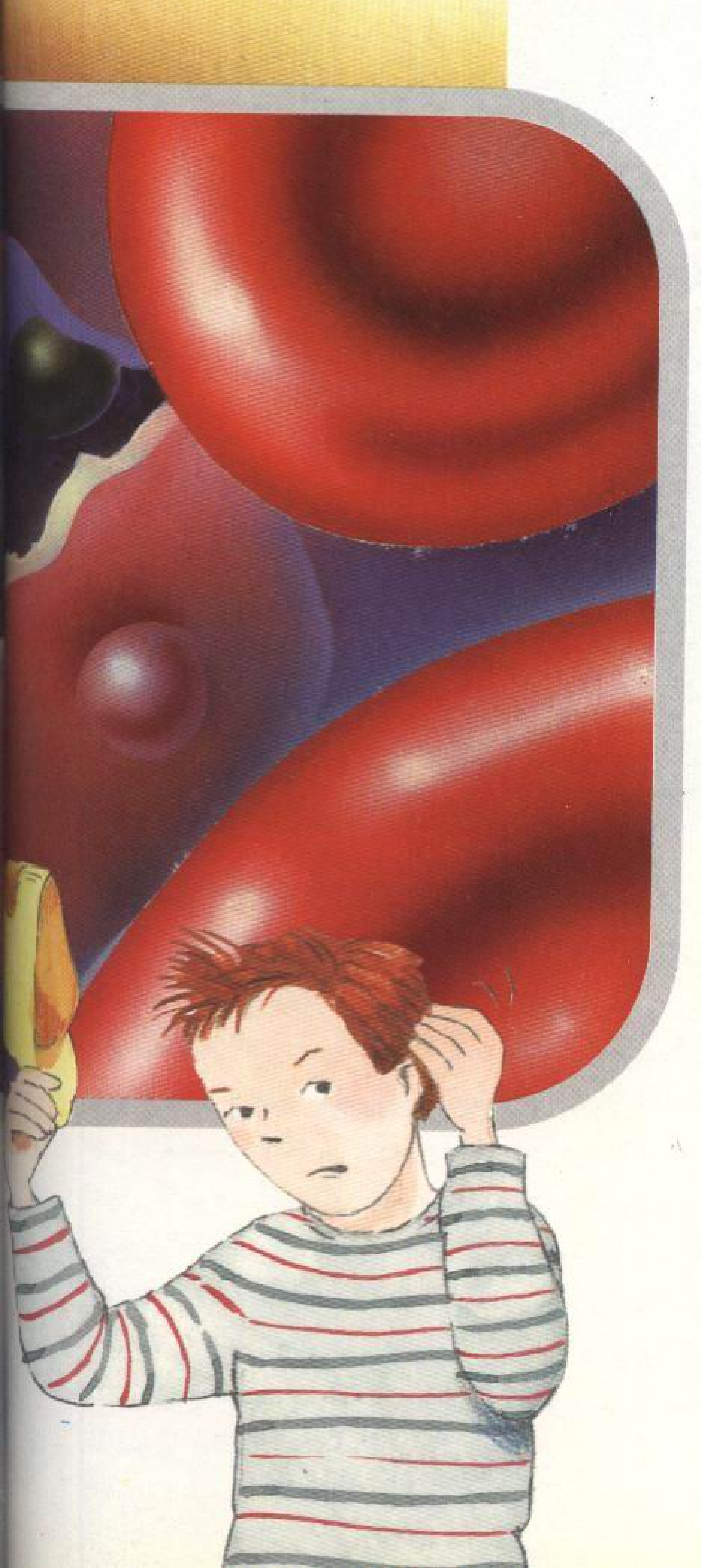
نرى أمامنا ڤيروسا و(الدنا) الخاص به.

على حياة الخلية العائلة وتجعلها تتكاثر لتعطى المزيد من الخلايا العائلة لتنتقل إليها الأجيال الجديدة من الڤيروسات وتسكن فيها. وجدير بالذكر أن معظم الڤيروسات لا تسبب أضرارًا للإنسان. فهناك نوع من الڤيروسات يصيب الخلايا المخاطية فى القطط، ولكنه لا يعدينا لو تعرضنا له. وبالمثل فإن الڤيروسات التى تعدى جذور نبات الجزر ليست ضارة لنا ولا للقطط بعكس ڤيروسات البرد لا تضر الإنسان فقط ولكنها تضر أيضا البط والخنزير مثلا، وذلك لأن ڤيروس البرد يحتوى على بروتينات المفاتيح المناسبة لبروتينات الأقفال على أسطح خلايا الخنزير والبط والإنسان.



البكتريا والفطريات وغيرها من الأشرار

تختلف البكتريا عن الفيروسات، فهى كائنات حية تماما مثل الحيوانات والنباتات ولكنها تتكون من خلية واحدة فقط. وتلعب البكتريا دورًا مهما فى الطبيعة فهى مسئولة عن تحلل الحيوانات والنباتات الميتة إلى مواد بسيطة تساعد على خصوبة الأرض. كما أن معظم أنواع البكتريا التى تعيش فى الفم والأنف والأمعاء غير ضارة، بل إن بعضها مثل بكتريا الأمعاء تساعدنا فى هضم الطعام. هل تتخيلون أن وزن البكتريا التى تعيش فى الأمعاء قد يصل إلى نصف كيلو جرام. ولكن هناك أنواعا أخرى ضارة من البكتريا وهى التى تسبب لنا الأمراض..



وكيف تسبب البكتريا الأمراض؟

البكتريا شأنها شأن سائر الكائنات الحية تحصل على المواد الغذائية من البيئة المحيطة بها لتستخدمها فى توليد الطاقة وفى عمليات البناء. وينتج من هذه العمليات الكثير من الفضلات التى قد تكون سامة أو مدمرة للجسم. ومثال ذلك البكتريا المسببة لتسوس الأسنان. فهى تتغذى على السكر وتنتج فضلات حمضية تسبب تحلل طبقة المينا التى تغطى الأسنان. وبذلك تؤدى إلى التسوس.

وتسبب البكتريا لنا الأمراض بطرق مختلفة. فبعضها يهزم خلايا الجسم ويأكلها. والبعض الآخر يمنع الخلايا من القيام بوظائفها بالطريقة الصحيحة. وعلى سبيل المثال، تفرز بكتريا الكوليرا سموما تجعل خلايا الأمعاء تفقد الماء، مما يسبب مرض الإسهال الشديد الذى يمكن أن يؤدى إلى الموت. كما تسبب البكتريا بعض الأمراض العامة مثل عدوى الأذن وآلام المعدة، وحتى الدمامل.

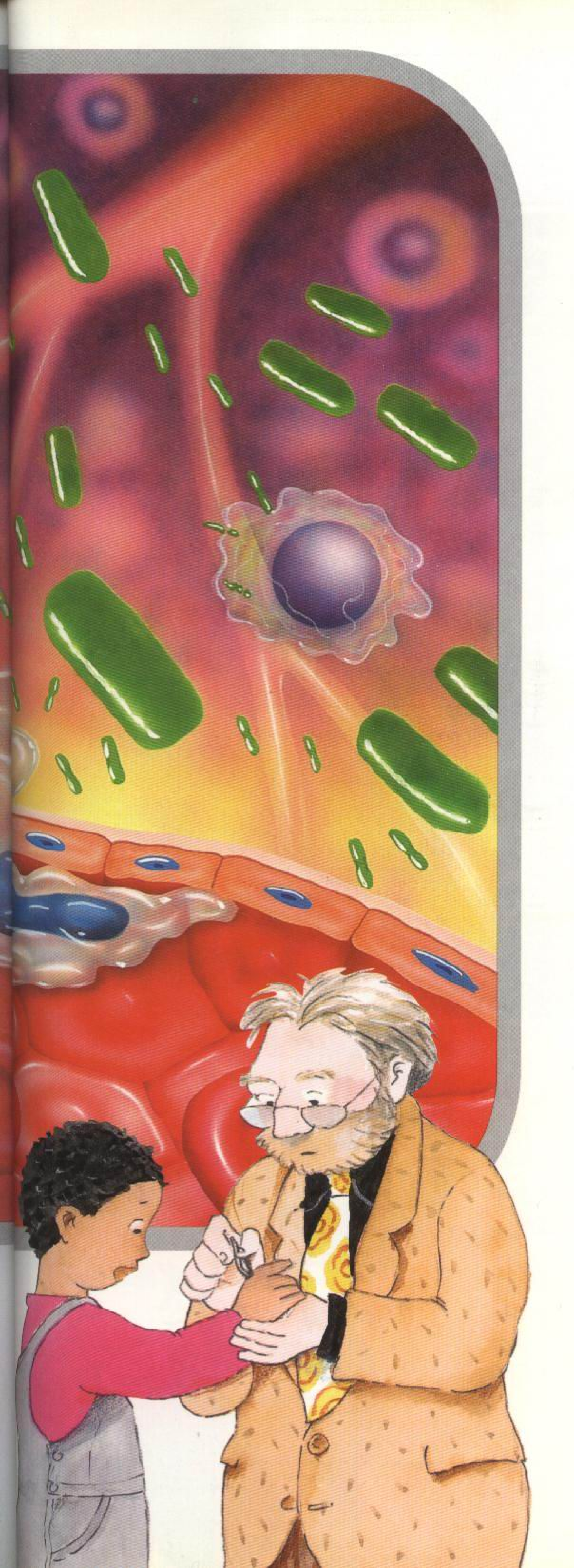
وما درجة خطورة خلية واحدة من البكتريا؟

إن خطورة خلية واحدة من البكتريا تكمن فى أنه لو وضعت هذه الخلية فى بيئة تتوافر فيها الغذاء، فإنها تتكاثر بسرعة عجيبة، ولسوء الحظ فإن الجسم يحتوى على كميات هائلة من الغذاء تساعد البكتريا على التكاثر السريع. وبإمكان بعض أنواع البكتريا أن تنقسم كل 20 دقيقة مما ينتج عنه إنتاج الملايين بل البلايين من البكتريا فى خلال ساعتين. ولذا فإن خلية واحدة من البكتريا تعتبر خطيرة لأنها تستطيع أن تنقسم وتتكاثر.



الفطريات هى نوع آخر من الميكروبات. ولا نقصد بالطبع الفطريات التى تنمو فى الغابات، ولكننا نركز على الفطريات الضارة بالإنسان والتى تسبب له الأمراض فى القدم والرئة والأمعاء. نحن على وشك أن نمر خلال مستعمرة من الفطريات.

أما الطفيليات فهى من الكائنات الحية المؤذية للإنسان والتى لها أشكال وأنواع متعددة مثل الديدان وميكروب الملاريا. وتشترك هذه الطفيليات فى أنها تتخذ من جسم الإنسان مسكنا لها وتعيش على المواد الغذائية فيه. هل ترى خلية الدم الحمراء هذه؟ إنها على وشك أن تنفجر بسبب جراثيم الملاريا.



خـذوا حذركـم ....

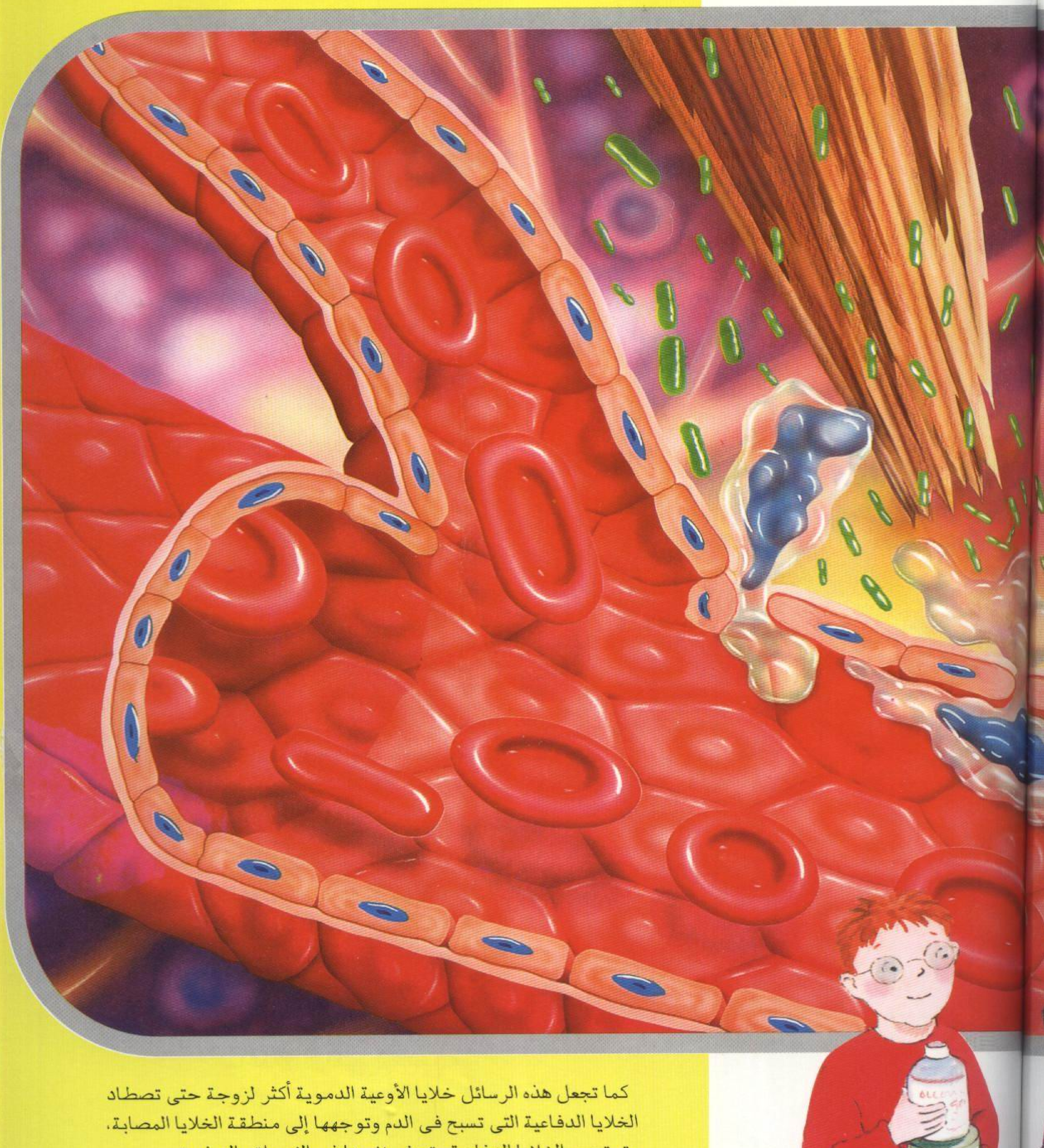
الغزاة قادمون!

معظم الميكروبات الموجودة خارج الجسم لا تسبب لنا أضرارًا. ففيروسات البرد والبكتريا الملتصقة بالجلد الخارجى ليس لها أى حيلة. وتصبح هذه الميكروبات ضارة فقط عندما تدخل إلى الجسم . ويعتبر الطعام وبخاصة اللحم من وسائل المواصلات المفضلة التى تستقلها بعض الميكروبات لتدخل بها إلى الجسم. ويعتبر الأمر أكثر سهولة بالنسبة لفيروس البرد الذى يدخل إلى الجسم عن طريق الهواء الذى نتنفسه أو عن طريق وضع أصابعنا فى الفم أو الأنف.

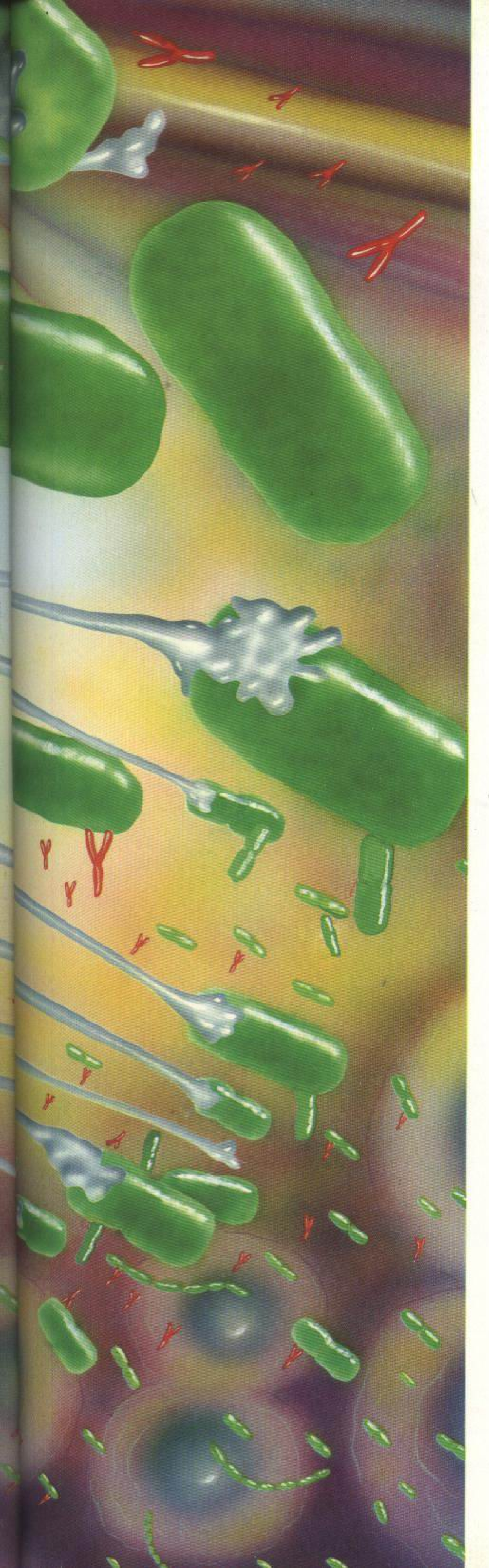
وتدخل بعض الميكروبات الأخرى إلى مجرى الدم مباشرة فى حالة حدوث أى جرح فى الجلد ويعتبر الجرح فى هذه الحالة وكأنه باب قد انفتح على مصراعيه، فتهرع الميكروبات الغازية إليه لتدخل إلى مجرى الدم وتسبح فيه حتى تعثر على المسكن المفضل لها فى أى موقع من الجسم.

أترون هذه الشظية ؟ لقد حطمت خط الدفاع الأول فى الجسم (الجلد). وبتمزق الجلد هرعت البكتريا الخضراء إلى الداخل فأعلن الجسم حالة الطوارئ. إن حربًا على وشك أن تندلع . فهيا بنا لنرى أحداثها المثيرة.

فور دخول البكتريا إلى الجسم تسرع الخلايا المصابة بإعلان حالة الطوارئ ، وذلك بإرسال رسائل كيميائية إلى خلايا الأوعية الدموية، فتستجيب هذه الخلايا للرسائل القادمة وتقوم بتوسيع الأوعية الدموية حتى تندفع كمية أكبر من الدم إلى منطقة الإصابة. وبعد ذلك يتغيرلون الجلد إلى الأحمر ويصبح أكثر دفئًا لأن الدم القادم من داخل الجسم يكون دافئًا. كما أن الفواصل بين خلايا الأوعية الدموية تتسع حتى تتدفق السوائل من الدم إلى المنطقة المصابة مما يؤدى إلى تورمها.وفى الوقت نفسه تقوم الرسائل الكيميائية (الإنذارات) باستدعاء الخلايا الآكلة الكبيرة وخلايا الدفاع الأخرى لتسبح فى الدم وتتجه إلى منطقة الإصابة.



كما تجعل هذه الرسائل خلايا الأوعية الدموية أكثر لزوجة حتى تصطاد الخلايا الدفاعية التى تسبح فى الدم وتوجهها إلى منطقة الخلايا المصابة، وتستجيب الخلايا الدفاعية وتحشر نفسها فى الفجوات الصغيرة الموجودة بين خلايا الأوعية الدموية وبذلك تخرج من الدم إلى الأنسجة المصابة. وهناك يبدأ العمل الجاد، فتبدأ الخلايا الآكلة فى ابتلاع الميكروبات والخلايا المصابة حتى يتم تنظيف ساحة المعركة.



خلايا الدفاع
تحـــــارب ببســــــالــة

يوجد فى جسم كل واحد منا أكثر من مليون مليون (تريليون) خلية دفاعية، وهو عدد يفوق عدد سكان الأرض بمئات المرات. هذه هى خلايا الدم البيضاء التى يتم صنعها فى نخاع العظم والغدة الصعترية (غدة صغيرة صماء بالقرب من قاعدة العنق). وعادة ما تسبح خلايا الدم البيضاء فى الدم واللمف (السائل الأبيض الذى ينساب فى أوعية خاصة به فى جميع أنحاء الجسم).

ويتكون جهاز المناعة من عدة أنواع من خلايا الدم البيضاء التى تم تصميمها خصيصا لتحارب الغزاة الغرباء عن الجسم.

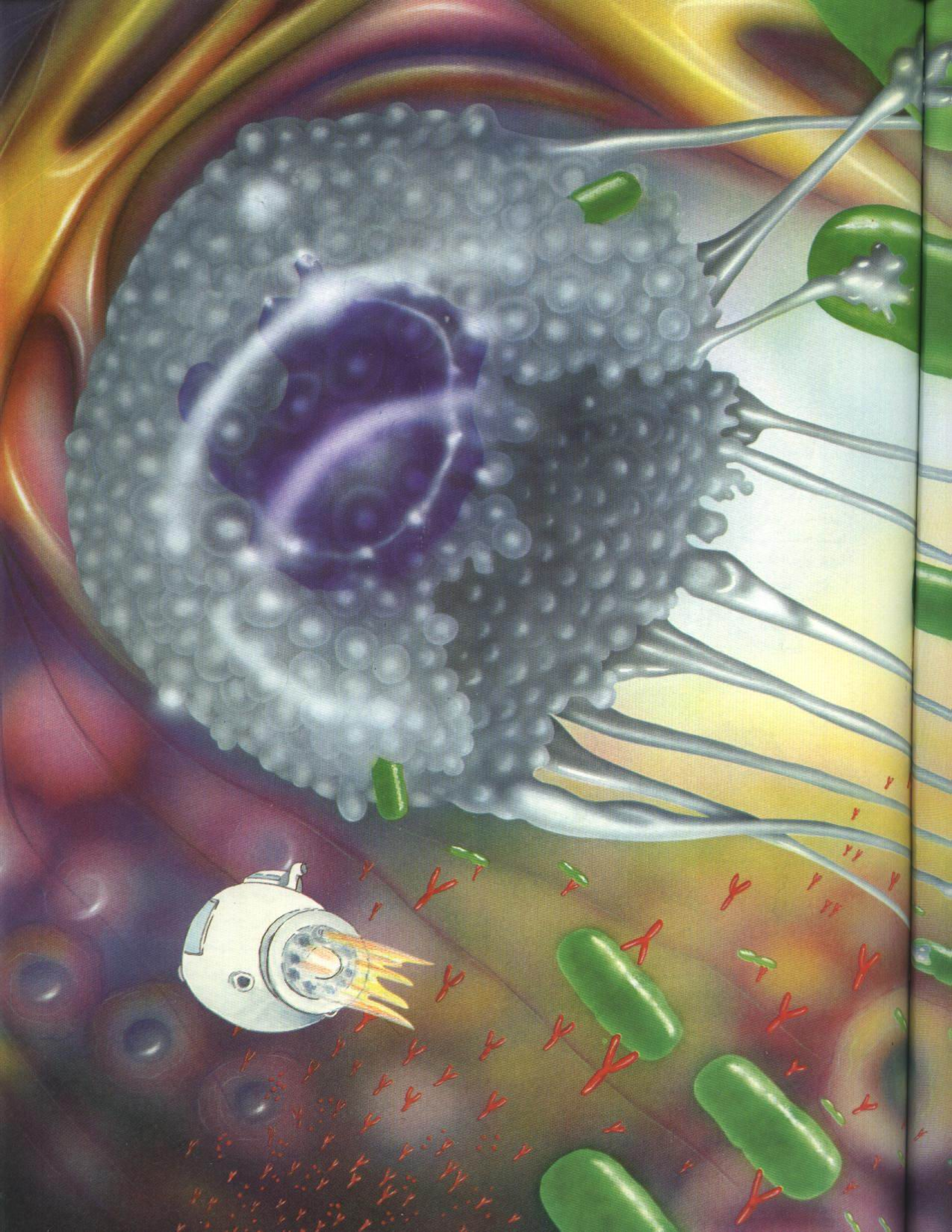
وأحد هذه الأنواع هى الخلايا الآكلة الصغيرة (granulocytes) وبالطبع تعرفون الصديد الذى يصاحب الجروح. هل يعرف أحدكم مم يتكون الصديد؟ خمنوا. نعم، هذا صحيح، إنه يتكون من الميكروبات التى قتلتها الخلايا الآكلة، ومن خلايا الجسم الدفاعية التى استشهدت خلال المعركة.

كما يوجد نوع آخر يسمى الخلايا الآكلة الكبيرة (macrophages) وهى تطوف حول الجسم وتتجمع فى المناطق المصابة بالميكروبات حتى تأكلها. ليس هذا فقط بل إنها تأكل الخلايا المصابة وخلايا الدم الحمراء المستهلكة.

وكيف تلتهم الخلايا الآكلة البكتريا يا أستاذ؟

هيا معا لنشاهد هذه الخلية الآكلة وهى تقضى على تلك المجموعة من البكتريا. تتجه الخلية الآكلة إلى البكتريا وتمد إليها أطرافا مثل الأقدام المزيفة تلتصق بالبكتريا ثم تشدها إليها فى ضمة قاتلة لتبتلعها. وفى داخل الخلية الآكلة يتم هضم البكتريا وتحليلها إلى أجزاء صغيرة.

كما تساهم الأجسام المضادة (الأجسام الحمراء) فى المعركة. وهى أنواع من البروتينات التى تصنعها الخلايا الدفاعية. وتلتصق هذه الأجسام بالميكروبات الغازية ويؤدى هذا إلى زيادة شهية الخلايا الآكلة التى تعمل ما فى وسعها لالتهام الغزاة المميزين بالأجسام المضادة.



صديــق أم عــدو؟

تحارب الخلايا الآكلة الكبيرة والصغيرة بأقصى درجات البسالة والإخلاص، ولكنها لا تستطيع القضاء على جميع الميكروبات بمفردها، ذلك لأن الميكروبات تتكاثر بسرعة بحيث تصل إلى أعداد هائلة تسمح لبعضها بالهروب إلى مواقع أخرى من الجسم وتكوين عدوى جديدة هناك. بل إن بعض الميكروبات الماكرة تختبئ داخل الخلايا الحية نفسها حتى لا تنالها الخلايا الآكلة. ولهذا فإنه لابد من وجود أنواع أخرى من المحاربين ومن الأسلحة تكون مجهزة ومدربة لمحاربة نفس الأنواع من الميكروبات التى تعدى الجسم ثم تقتفى اثرها إلى المواقع الجديدة. وتقوم بهذه المهمة الخلايا الدفاعية اللمفاوية التائية (ت) (T lymphocytes) (أحد أنواعها يسمى الخلايا القاتلة ت)، والخلايا الدفاعية اللمفاوية البائية (ب) (B lymphocytes) والأجسام المضادة ، وأنواع من البروتينات تعمل مثل القنابل الكيميائية وتسمى البروتينات المتممة وتعتبر كل من الخلايا البائية والخلايا التائية خلايا متخصصة لأن لها القدرة على التعرف على أشكال معينة من الميكروبات ثم مطاردتها إلى حيث تهرب ويتم تدميرها هناك.

ولكى تتخذ خلايا الدفاع المتخصصة أى قرار، فإنها تحتاج إلى أن تعرف بالتحديد أشكال الميكروبات التى غزت الجسم. حينئذ تقوم هذه الخلايا بإعداد نفسها والتكاثر لتكون جيوشا عديدة استعدادا للحرب مع الميكروب المحدد الذى غزا الجسم. وبالطبع فإن هذا يتطلب بعض الوقت.

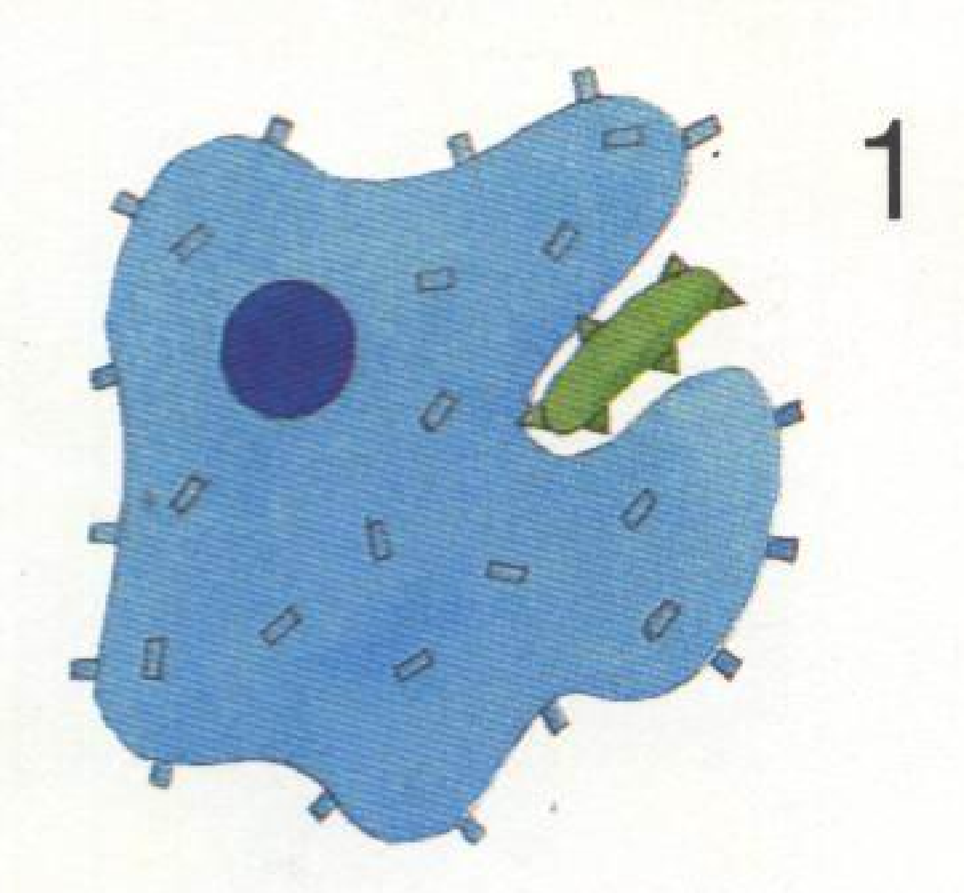
وكيف تميز الخلايا الدفاعية بين الصديق والعدو؟

تحتوى جميع خلايا الجسم على علامات مميزة على سطحها تستخدم للتعرف عليها فى أى موقع من الجسم. ومن الممكن اعتبار هذه العلامات وكأنها مثل جواز السفر الذى يحتوى على صورة ضوئية للتحقق من شخصية صاحبه. فخلايا الجسم تحتوى على تشكيلة من بروتينات تحقيق الشخصية على سطحها بحيث تراها الخلايا الدفاعية وتحفظها لتتذكر دائما أنها خلايا الجسم الصديقة وبالتالى تتركها تعيش فى سلام.

ولكن الأمر يختلف تماما مع الميكروبات، فهى لاتحتوى على البروتينات التى تدل على أنها من الأصدقاء. بل إن البروتينات على سطحها تدل على أنها من المتطفلين الذين تجب محاربتهم كأعداء.

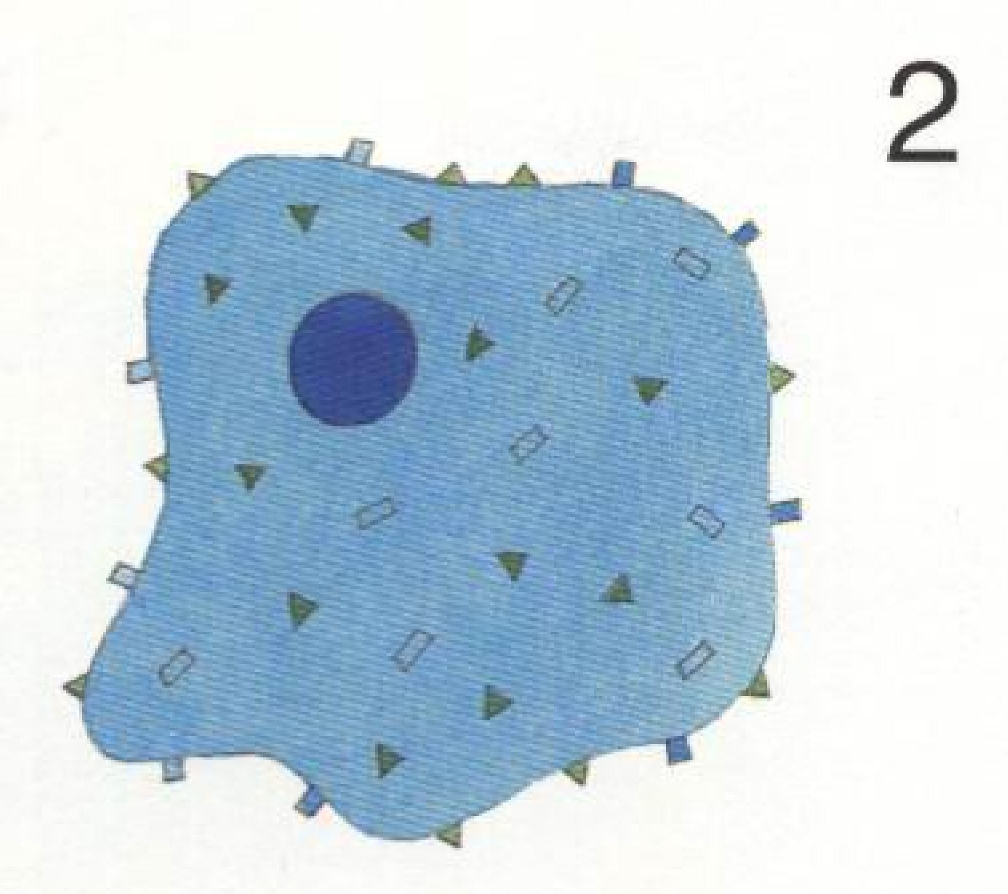
نشرح فيما يلى كيفية التعاون بين الخلايا الدفاعية المختلفة لمحاربة البكتريا

1



1ـ نرى هنا خلية آكلة كبيرة وهى على وشك أن تبتلع واحدة من البكتريا (الخضراء). وتمثل المستطيلات داخل الخلية الآكلة وعلى سطحها بروتينات تحقيق الشخصية الخاصة بها. وتحتوى البكتريا على علامات تحقيق شخصية مختلفة نمثلها (بالمثلثات) على سطحها. وتعتبر هذه المواد غريبة على الجسم وتسمى «مولدات».

2



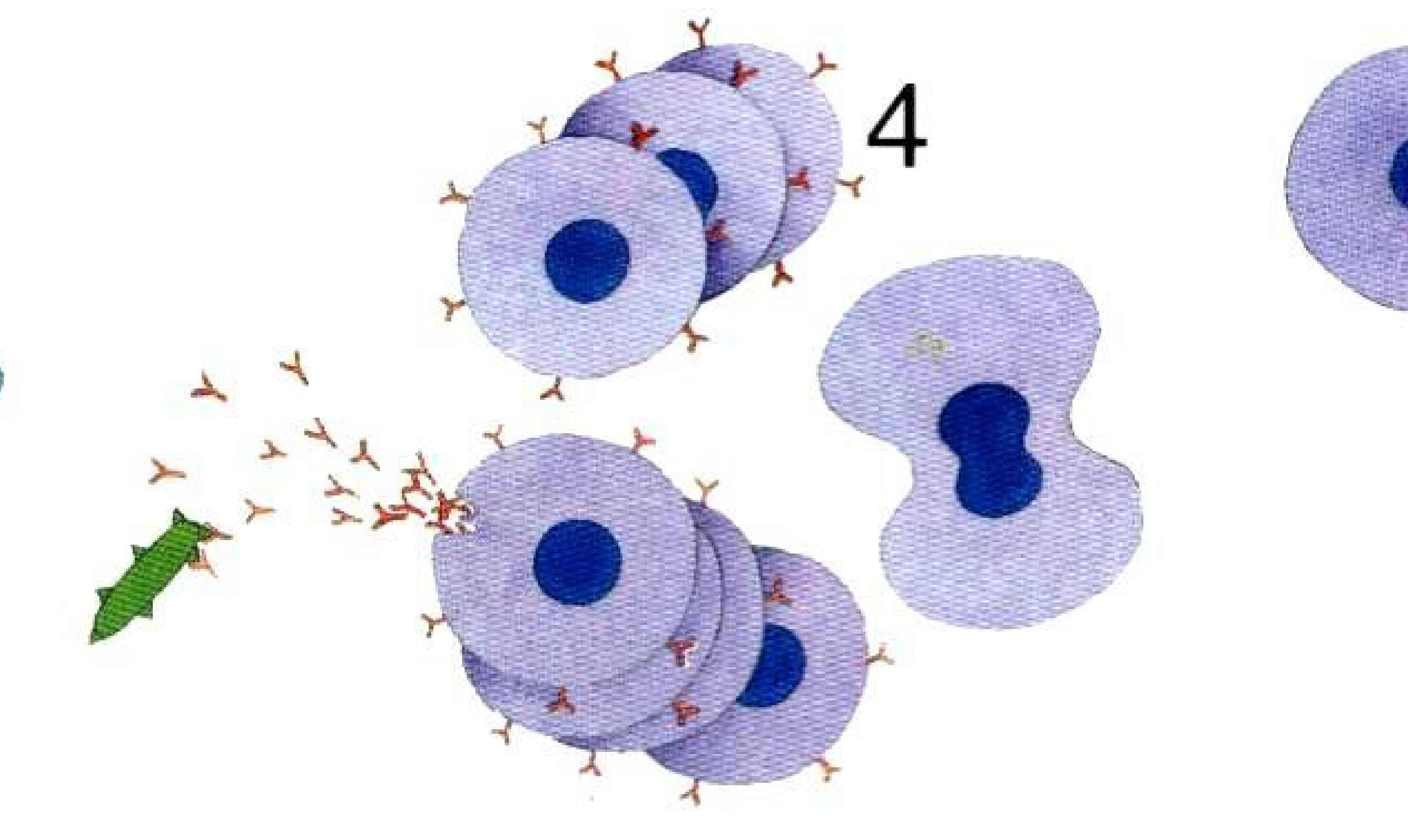
2- والآن بعد أن ابتلعت الخلية الآكلة البكتريا فإن بعضا من البروتينات (المثلثات) الخاصة بالبكتريا قد ظهرت على سطح الخلية الآكلة بجوار بروتينات تحقيق الشخصية (المستطيلات).

بالإضافة إلى قدرة جهاز المناعة فى التعرف على البروتينات الغريبة على سطح الخلايا، فإن له القدرة أيضا على التعرف على كل المواد والأجسام الغريبة التى لا تنتمى للجسم. ويقوم بهذه المهمة ما يسمى «مولدات المضاد» antigens ولكل نوع من الأجسام الغريبة مولد المضاد الخاص به. فالبكتريا المسببة للإسهال مثلا تحتوى على مولدات مضاد مختلفة عن مولدات المضاد الخاصة بفيروس البرد أو البكتريا المسببة للدمامل.



وما مولد المضاد يا أستاذ؟

هى كل مادة يعتبرها الجسم غريبة عنه ولهذا فإنه بمجرد دخولها إلى الجسم يتم إنتاج أجسام مضادة لها حتى يتم التخلص منها. هيا بنا نلقى نظرة على هذه الأحداث.



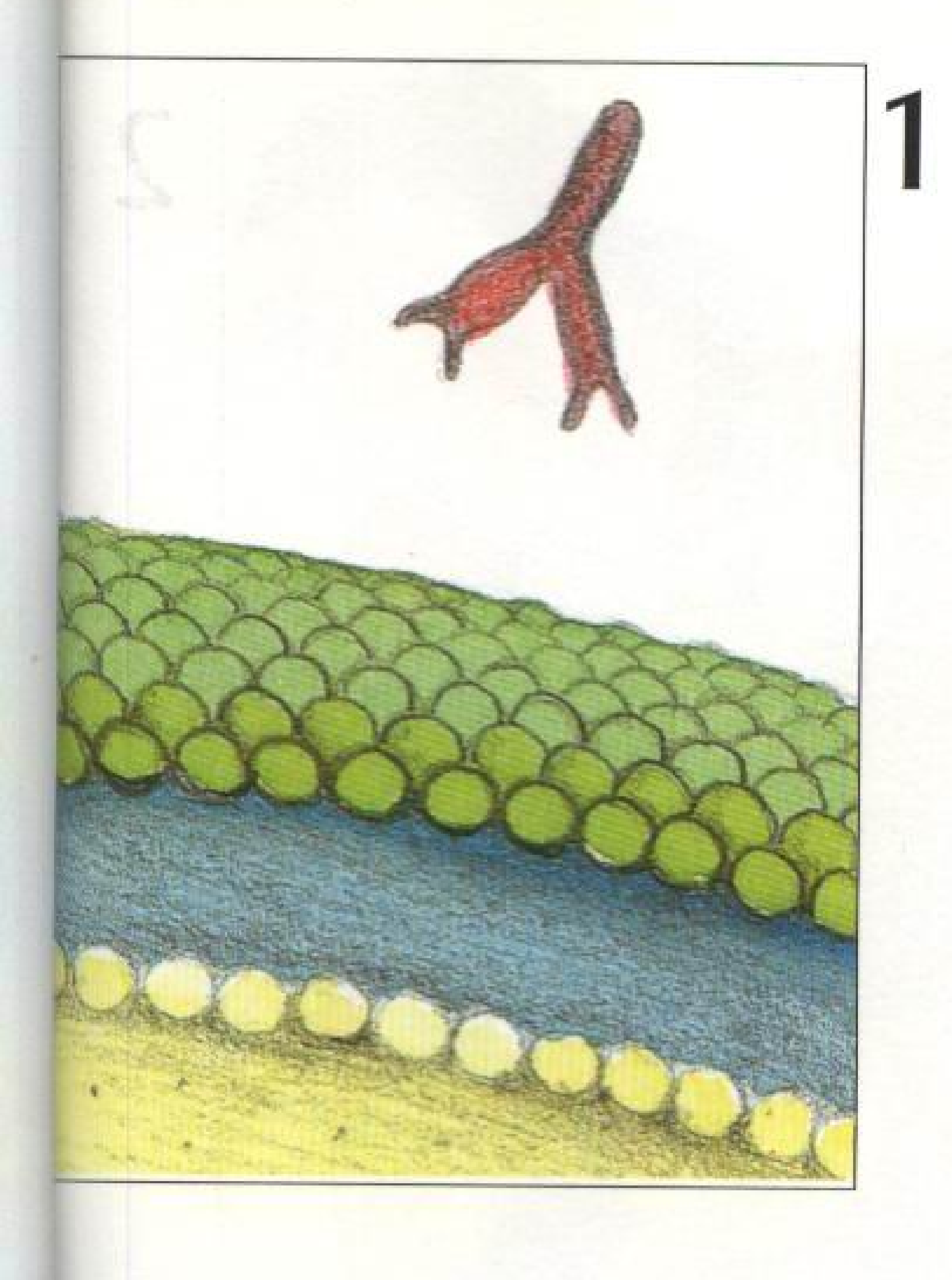
3- والآن تأتى خلية دفاع متخصصة تسمى الخلية البائية (ب) وتكتشف أن الخلية الآكلة تحمل علامات غريبة عن الجسم تمثل بقايا البكتريا التى هضمتها. وتتنبه الخلية (ب) وتعرف أن بكتريا ذات نوع مميز (البكتريا ذات البروتينات المثلثية) قد غزت الجسم.

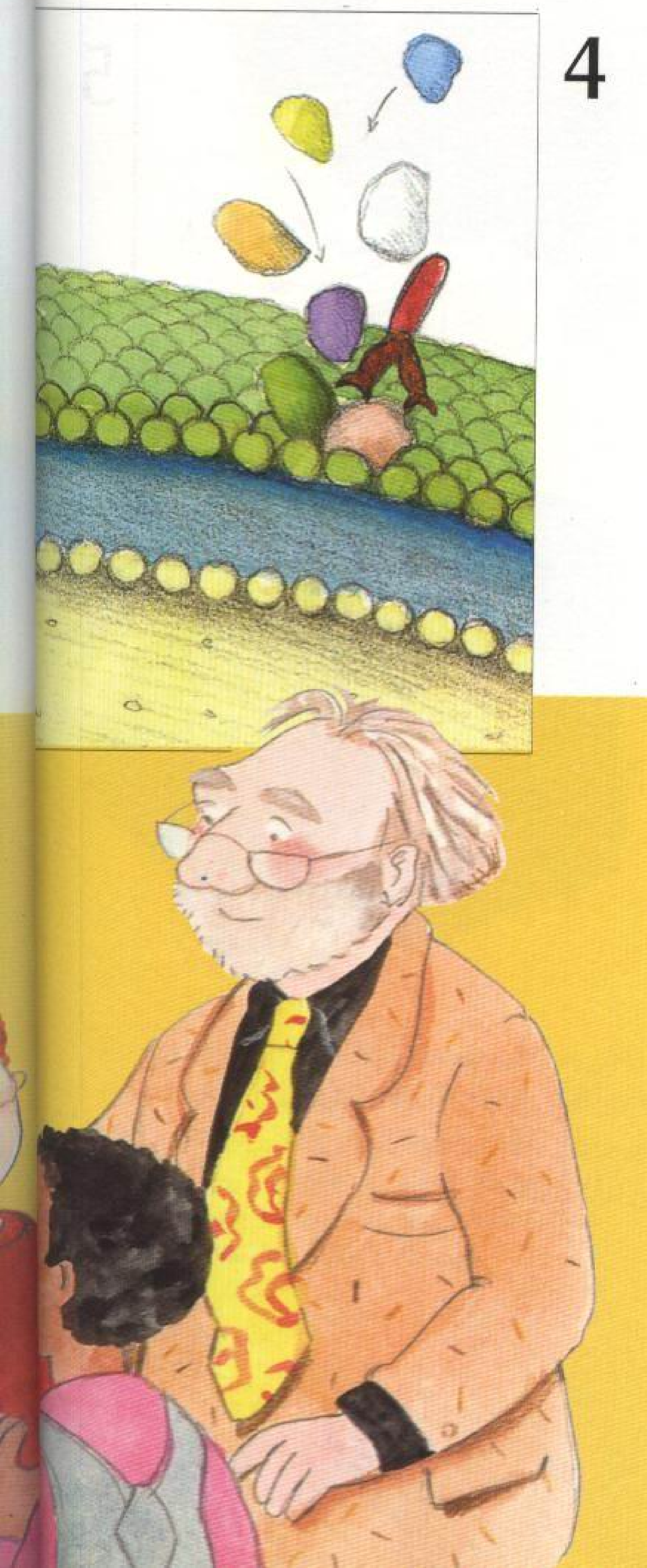
4- وفى الحال ،تبدأ الخلايا (ب) فى الانقسام لتنتج أنواعا مختلفة من الخلايا الدفاعية مثل خلايا البلازما التى تبدأ فى إنتاج الأجسام المضادة. كما تنتج نوعا يسمى خلايا الذاكرة (memory cells) وهى تضع فى ذاكرتها شكل البكتريا التى غزت الجسم حتى تقضى عليها إذا ماقابلتها فى المستقبل. وبهذا تندفع حشود الأجسام المضادة وخلايا البلازما إلى مجرى الدم واللمف لتلتصق ببروتينات تحقيق الشخصية على سطح البكتريا الحية.

وعندما يلتصق الجسم المضاد بسطح البكتريا فإنه يكون مثل اللافتة التى تقول «هنا تكمن بكتريا خطيرة» وبهذا تنتشر الأخبار وتهرع البروتينات المتممة (القنابل) لتلتصق بالبكتريا وتفجرها. كما يساعد التصاق الجسم المضاد بالبكتريا على زيادة كفاءة الخلايا الآكلة فى التعرف على البكتريا لتقضى عليها.

الأجسام المضادة

قــذائــف موجهـــــة!


1


4

الأجسام المضادة هى نوع من البروتينات وتوجد منها أشكال كثيرة تسبح فى الدم واللمف. ويتناسب شكل كل نوع من الأجسام المضادة مع شكل مولد المضاد الذى يناظره كما يتناسب المفتاح مع القفل. وعندما يقابل الجسم المضاد (المفتاح) بكتريا أو ڤيروسًا يحمل مولد المضاد (القفل) الخاص به فإن ذراعى الجسم المضاد كليهما تلتصقان بقوة بمولد المضاد على سطح البكتريا.

لماذا لا يقوم الجسم بإعداد كمية أجسام مضادة كافية مقدما؟

جهاز المناعة لا يستطيع أن يتنبأ بأنواع الأمراض التى قد تهددنا غدًا أو فى السنة القادمة. كما أنه من المستحيل أن ينتج ويحتفظ باحتياطى مخزون مكون من بلايين الأجسام المضادة لكل نوع ممكن أن نتخيله من الميكروبات الأعداء. ولهذا فجهاز المناعة يعمل على أساس الطلب والحاجة. فبعد أن تغزو الميكروبات الجسم يتعرف جهاز المناعة على نوع من الميكروبات ويحدد كيف يتعامل معه. وحينئذ فقط يستطيع الجهاز أن ينتج البلايين من الأجسام المضادة المفصلة بدقة لتناسب شكل هذا الميكروب نفسه.

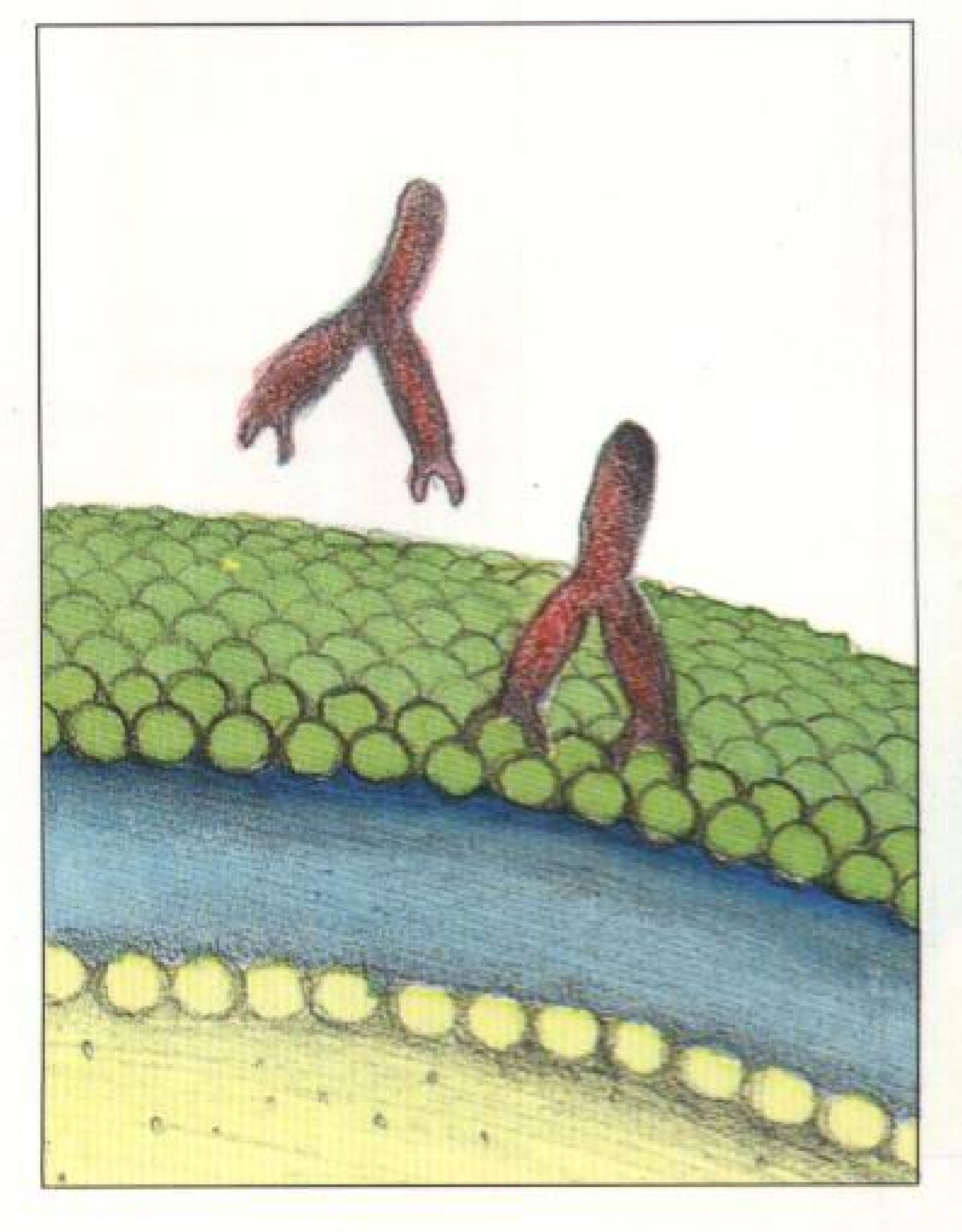
كيف يعثر الجسم المضاد على مولد المضاد الخاص به؟

الأجسام المضادة لا تستطيع أن تتحرك من تلقاء نفسها. ولكنها تسبح مع الدم واللمف، وعاجلا أو آجلا تقابل الميكروب الذى يحتوى على مولد المضاد الخاص به فيلتصقان معا.

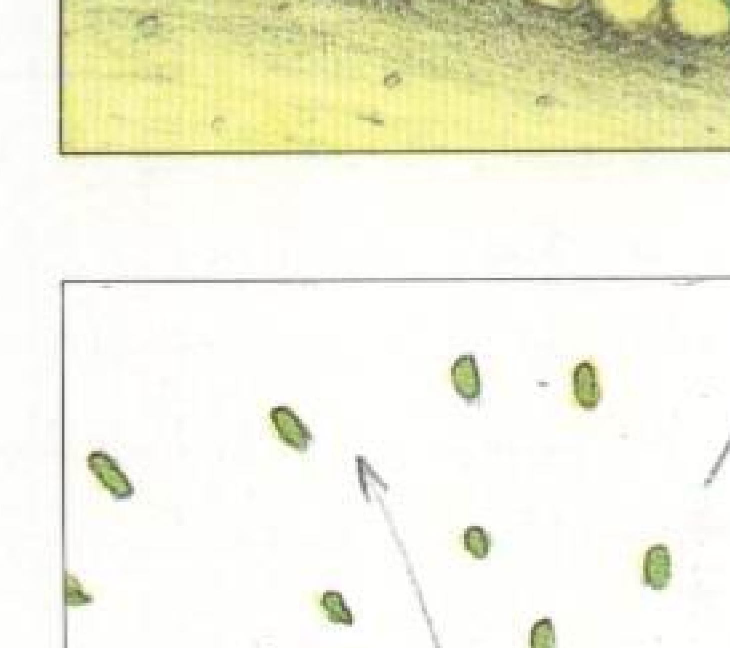
ما وظيفة الأجسام المضادة بالضبط؟

تساعد الأجسام المضادة الخلايا الدفاعية بطرق كثيرة. فعندما تلتصق هذه الأجسام على البكتريا فإنها تجعل مذاقها أكثر استساغة لخلايا الدفاع الآكلة ، كما أن الأجسام المضادة تشل حركة الميكروبات وبذلك تمنعها من أداء عملها. وبعض الأجسام المضادة تميز البكتريا حتى تلتصق بها البروتينيات المتممة التى تعمل مثل القنابل وتفجر البكتريا.

2



3



التعاون بين الأجسام المضادة والبروتينات المتممة:

1 ـ لقد عثر الجسم المضاد على خلية بكتريا.

2 ـ يلتصق الجسم المضاد بغشاء البكتريا.

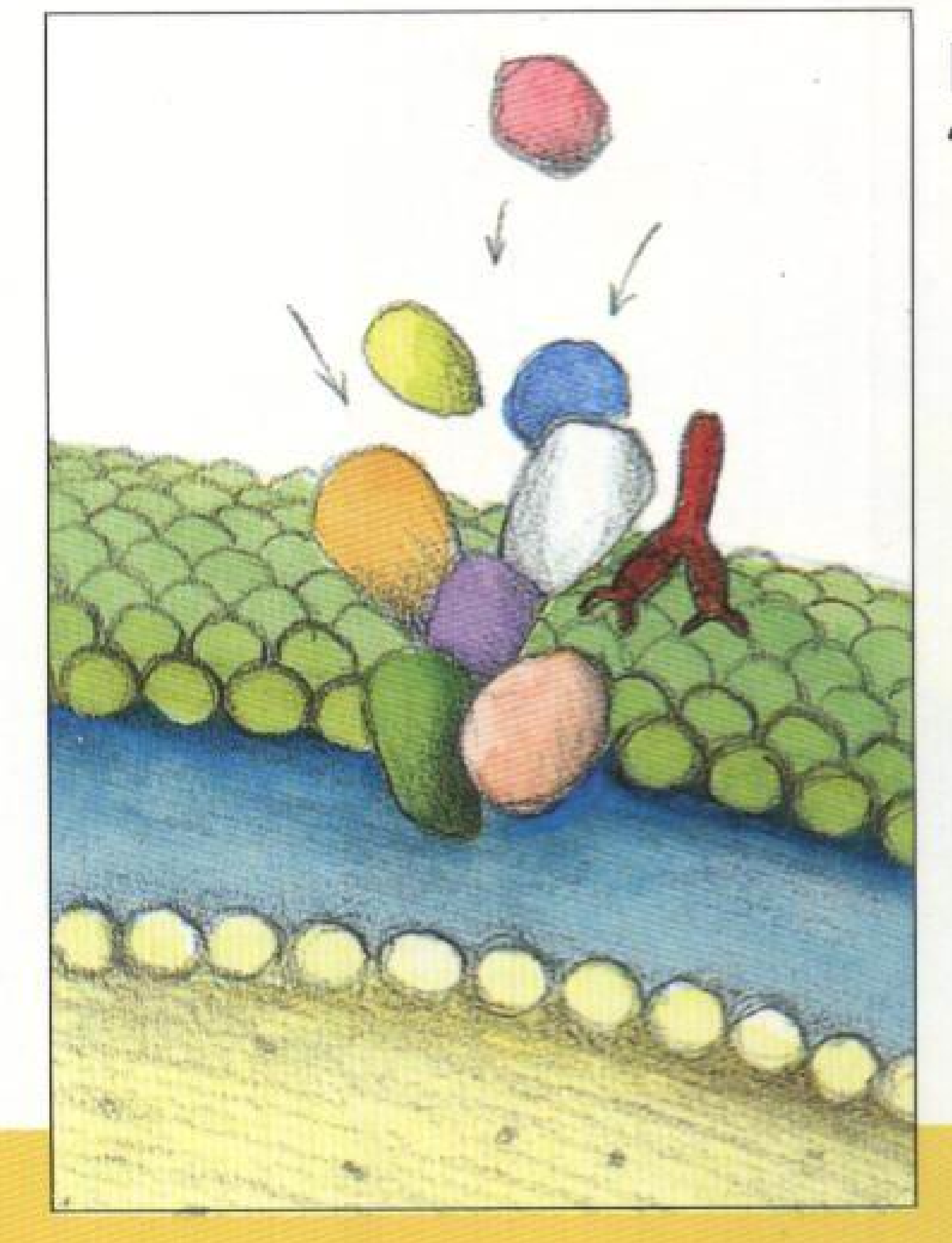
3 ـ تتجمع البروتينات المتممة على الجسم المضاد الملتصق بالبكتريا.

4 ـ تستقر البروتينات المتممة على الموقع الذى التصق به الجسم المضاد.

5 ـ تبدأ البروتينات المتممة فى تكوين ثقب فى غشاء البكتريا.

6 ـ وأخيرا ، يتم تكوين الثقب وتبدأ محتويات خلية البكتريا فى التسرب للخارج تاركة وراءها بقايا البكتريا الميتة.

5

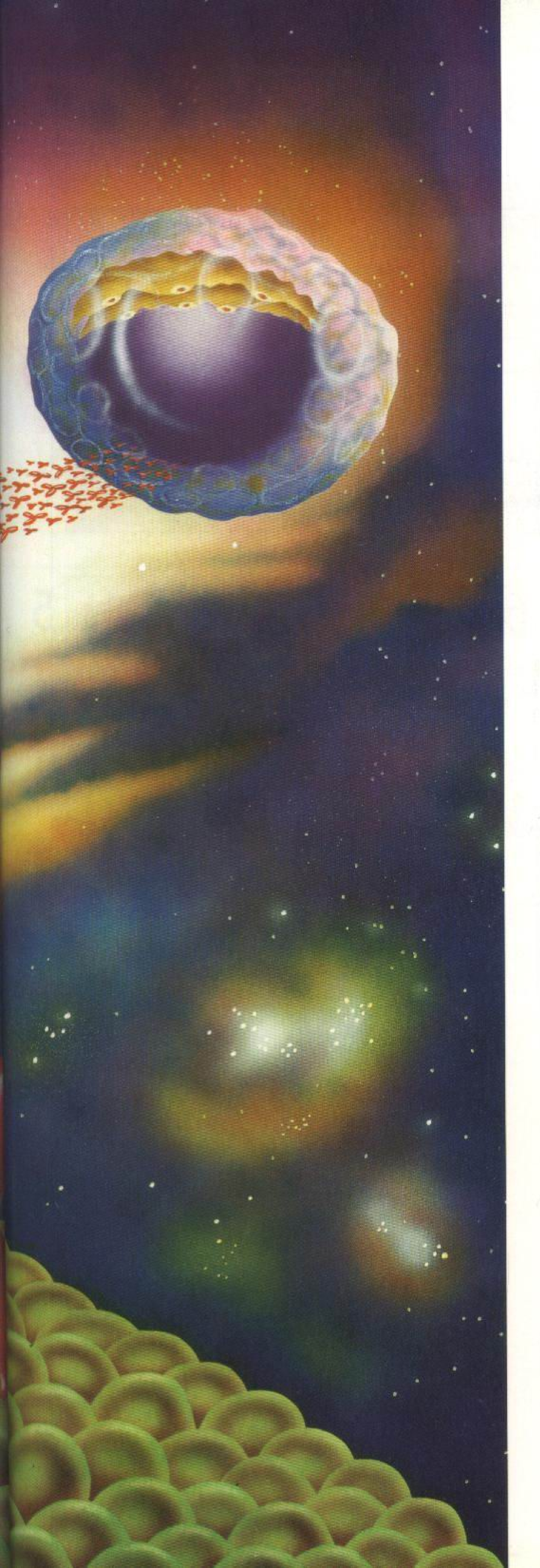


6

أمفرقعات وقنابل فى الدم؟

هذا صحيح إلى حد ما. فشبكة البروتينات المتممة (القنابل) تتكون من 9 بروتينات ذات قدرات كبيرة. فهى تسبح فى الدم بدون أن تحدث أى ضرر فى أول الأمر، وعندما تقابل بكتريا مغطاة بالأجسام المضادة تقوم بالالتصاق بها الواحد بعد الآخر. وعندما تستقر البروتينات التسعة على سطح الخلية عندها فقط تبدأ المفرقعات فى الانفجار. فهى تكون ثقبا فى الغشاء يؤدى إلى انفجار البكتريا وموتها. هل ترون يا أصدقائى كيف أن البروتينات المتممة تمثل سلاحًا قويا وخطيرًا ! ولهذا لا يجب أن ينشط هذا السلاح ويعمل إلا على الخلايا الملتصق بها الجسم المضاد مثل البكتريا.





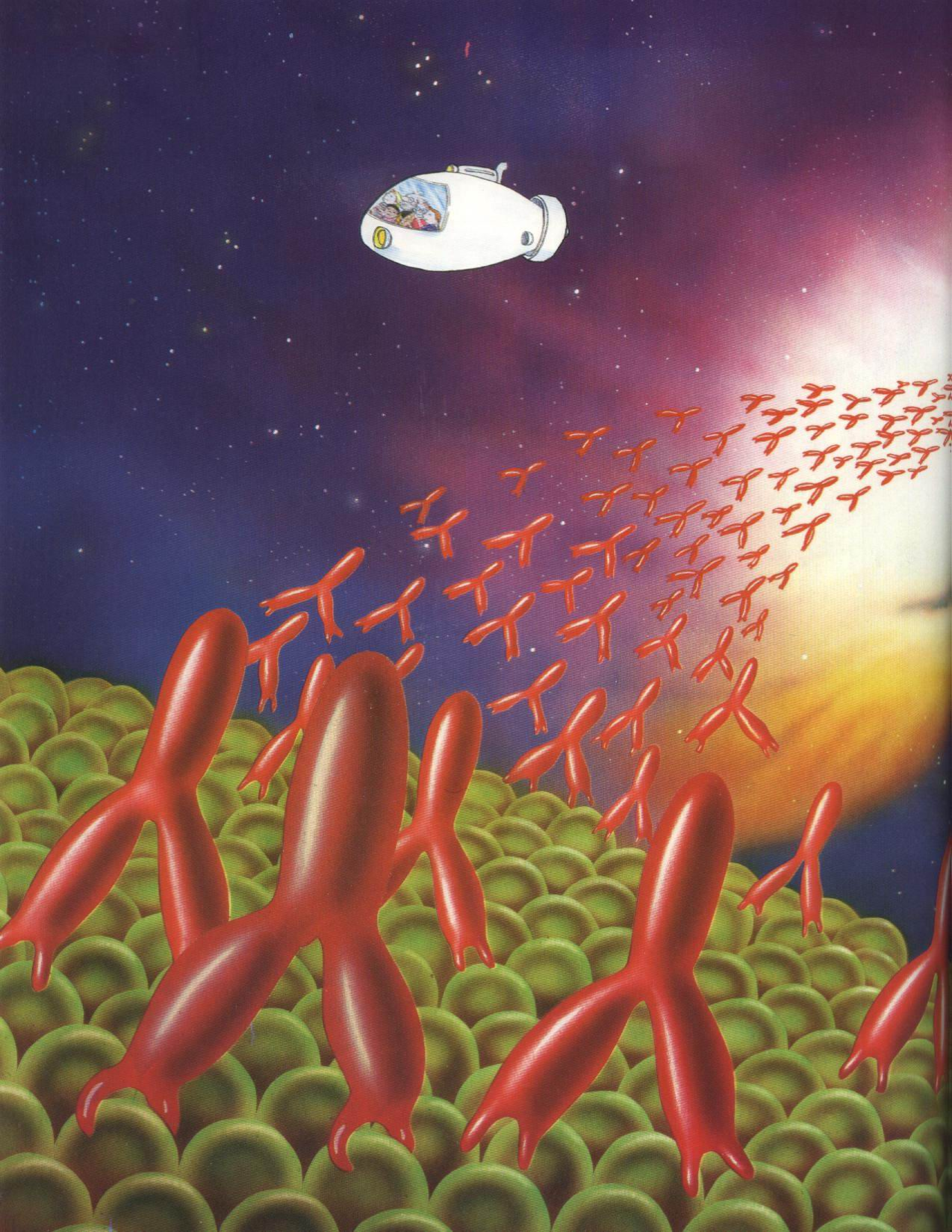
الأجسام المضادة
تواصل النضال

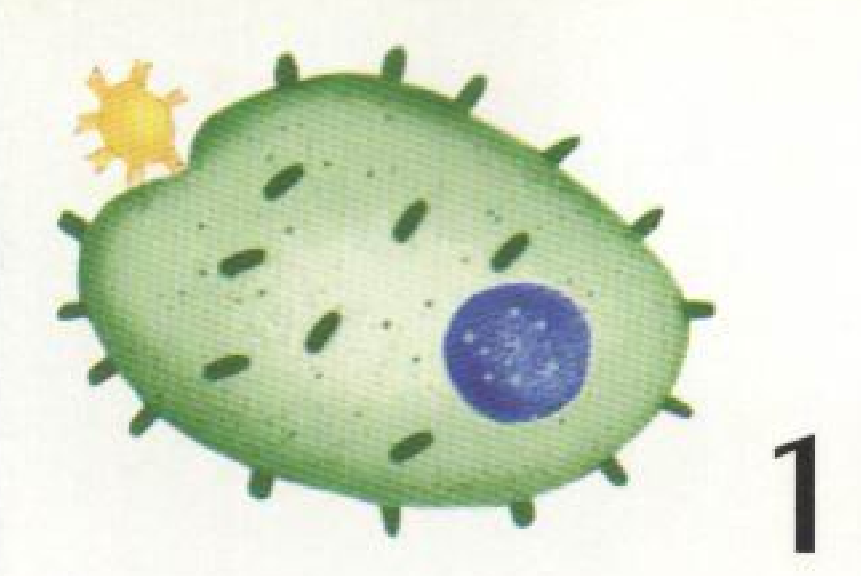
تنحدر جميع خلايا جهاز المناعة من نوع واحد من الخلايا فى نخاع العظم وتتحول ذرية هذه الخلايا إلى الخلايا الآكلة الكبيرة والصغيرة وإلى الخلايا الدفاعية المتخصصة فى محاربة ميكروبات ذات أشكال معينة. وأحد أنواع الخلايا المتخصصة هى الخلايا الليمفاوية البائية (خلايا ب) التى تنتج الأجسام المضادة.

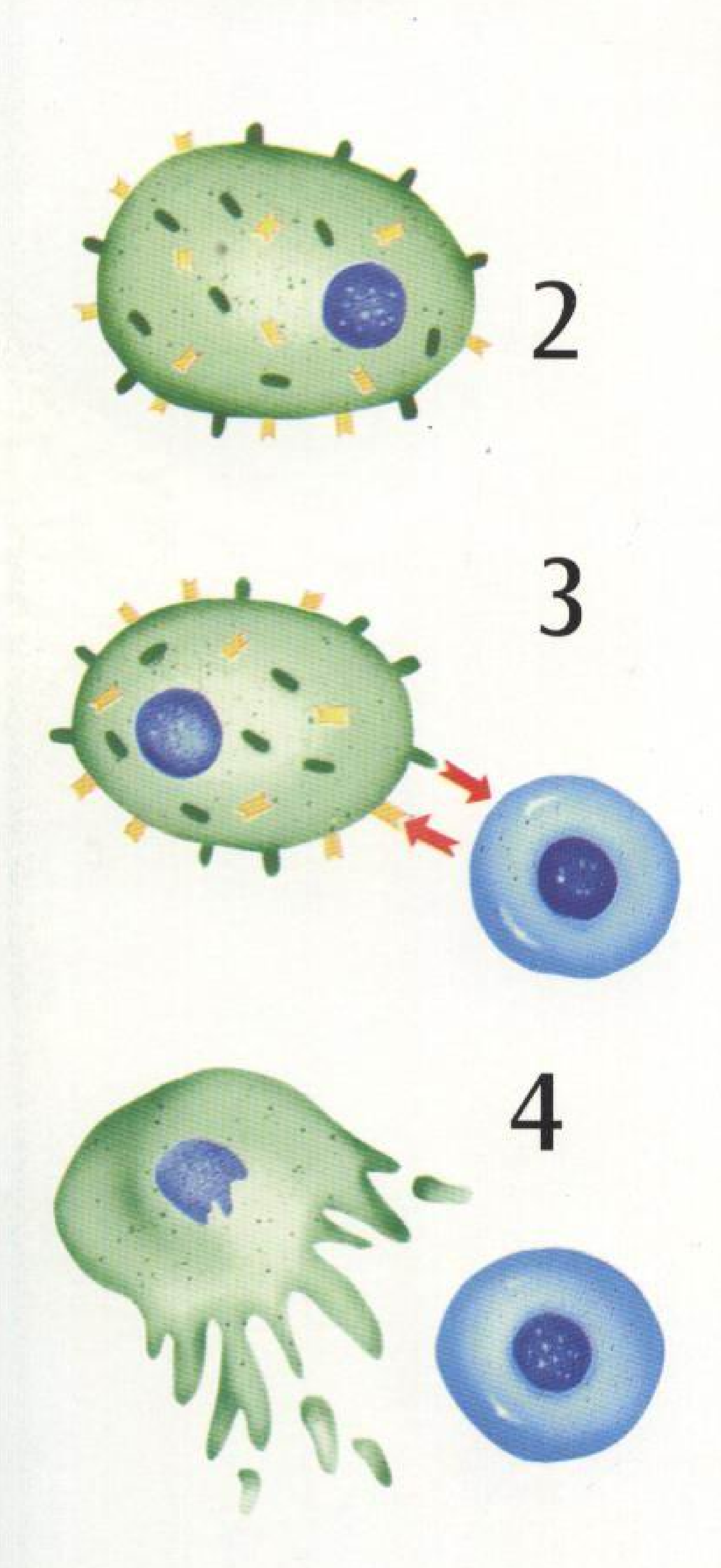
وكيف تعرف الخلايا البائية نوع الأجسام المضادة التى يجب عليها أن تنتجها؟

إن عدد الأشكال المختلفة من خلايا (ب) يفوق التصور وينتج كل شكل نوعًا واحدًا من الأجسام المضادة. وتسبح عينات من هذه الأشكال المختلفة لخلايا (ب) فى الدم واللمف بصفة مستمرة بحثا عن مولد المضاد المطلوب والخاص بها. وإذا حدث ووجدت عينة من خلايا (ب) مولد المضاد الخاص بها فإنها تبدأ فى التكاثر لتكوين المزيد من الخلايا التى تنتج بضعة بلايين من الأجسام المضادة القادرة على التعرف والارتباط بنفس شكل مولد المضاد هذا.

وعندما تبتلع خلية آكلة كبيرة خلية بكتريا فإنها تحللها ثم ترسل مولدات المضاد إلى سطحها لتستقر هناك. وأثناء تجوالها ، تعرض الخلية الآكلة مولدات المضاد (الخاصة بالبكتريا) على جميع أنواع الخلايا (ب) فى الدم على أمل أن تعثر على شكل أو نوع الخلايا (ب) الذى يتناسب مع شكل مولد المضاد هذا. وتمر معظم أنواع الخلايا (ب) بدون أن تبدى أى اهتمام بمولد المضاد هذا حتى يأتى نوع الخلايا المنتظر فيلتصق بمولد المضاد ويتعرف عليه. ثم يبدأ هذا النوع من الخلايا (ب) فى الانقسام ويستمر الانقسام جيلاً بعد جيل. وبهذا تصبح هذه الخلايا خلايا بلازما هدفها الوحيد إنتاج كميات هائلة من الأجسام المضادة. هل تصدق أن كل خلية بلازما تنتج 30 جسمًا مضادًا فى الثانية الواحدة ! ولهذا فإنه فى خلال فترة قصيرة يتم إنتاج البلايين من الأجسام المضادة الجديدة المصممة على مقاس مولد المضاد هذا. وتندفع هذه الأجسام المضادة للبحث عن مولدات المضاد والالتصاق بأسطح الميكروبات .







هجوم خلايا الدفاع التائية القاتلة

إن العثور على الفيروسات ليست بالعملية السهلة كما هو الحال مع البكتريا. فالفيروسات تستخدم حيلة بسيطة تحميها من الأجسام المضادة : وهى الاختباء داخل خلايا الجسم نفسها، وإزاء هذا فكل ما تستطيع أن تفعله خلايا المناعة هو أن تمنع الفيروس من التكاثر داخل الخلية وذلك بحرمانه من مصدر حياته بأن تقتل الخلية العائلة. هذه هى الوظيفة التى تقوم بها خلايا (ت) القاتلة. فهى تبحث عن الخلية المصابة بالفيروس ثم تدمرها وبهذا تدمر ما بها من فيروسات. فهى تضطر إلى قتل الخلية المصابة لتقتل الفيروسات بداخلها وبذلك تحمى الخلايا المجاورة من عدوى الفيروس.

ومن أين تأتى الخلايا التائية القاتلة ؟

هى نوع من خلايا الدم البيضاء. وحرف الـ "ت" يناظر حرف الـ T الذى يرمز إلى أول حرف من كلمة thymus وهى الاسم الإنجليزى للغدة الصعترية التى تنتج الخلايا القاتلة (ت). وفى هذه الغدة يتم إنتاج واختبار عينات من آلاف الطرز المختلفة من الخلايا القاتلة. فبعض أنواع الخلايا القاتلة التى تنتج بها، أخطاء تصيبها بالجنون فتهاجم خلايا الجسم السليمة، ولهذا فانه يجب تدمير هذه الخلايا المجنونة فى الحال وعدم السماح بخروجها للدم. أما الأنواع التى تتخصص فى مهاجمة مولدات المضاد الخاصة بالفيروسات فإنها ترسل إلى مجرى الدم واللمف حيث يبحث كل نوع عن الخلايا المعدية بفيروس معين، وعند العثور عليها يبدأ هذا النوع من الخلايا القاتلة فى التكاثر لينتج المزيد من أشكاله بحيث إنه فى خلال أيام قليلة يتم إنتاج أعداد مهولة منه. وتندفع هذه الحشود المهولة من الخلايا القاتلة إلى مجرى الدم واللمف لتدميركل الخلايا المعدية بهذا النوع من الفيروسات.

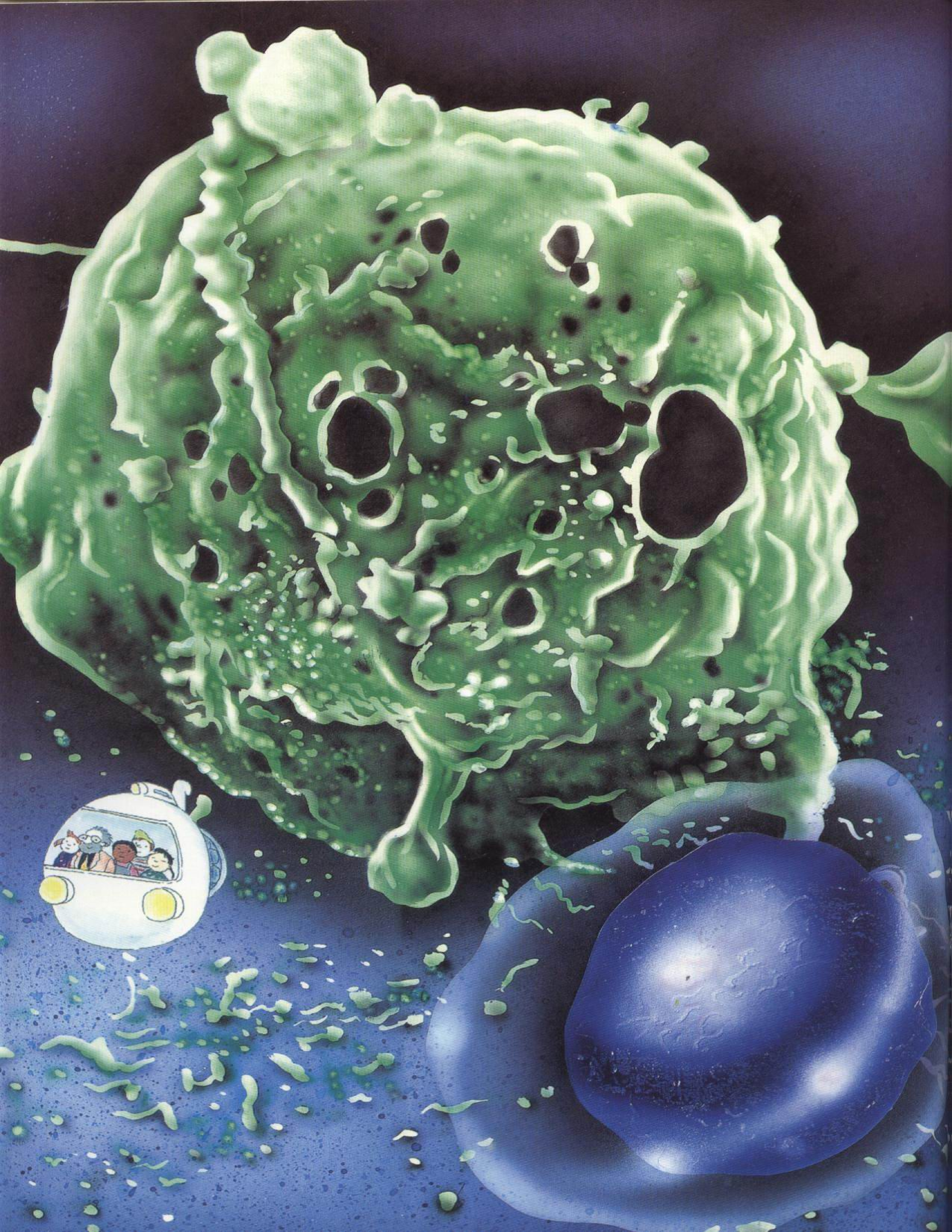
طريقة الخلايا القاتلة فى التخلص من الخلايا المعدية بالفيروسات:

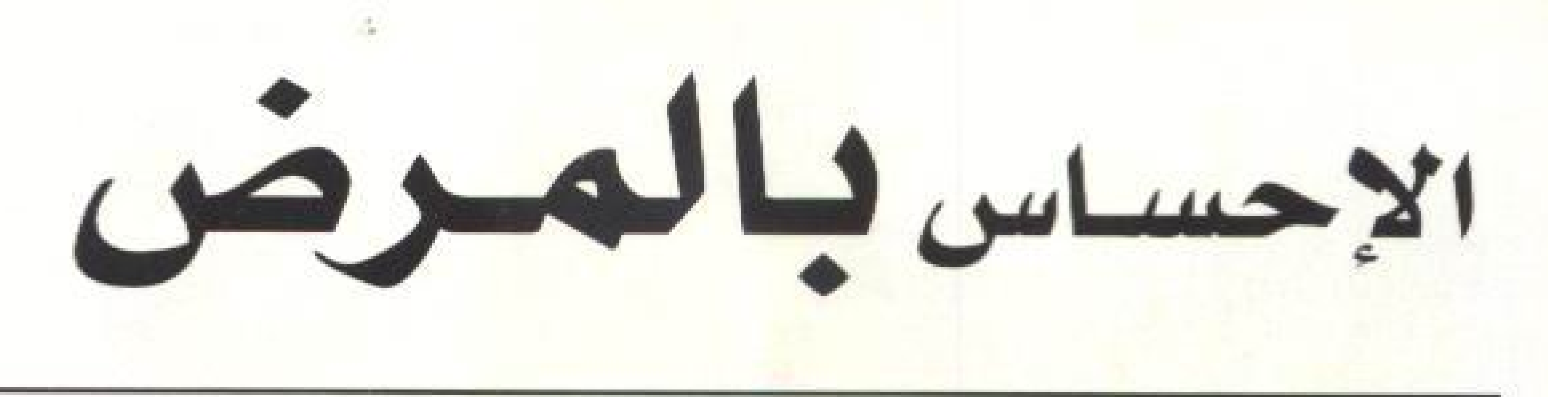
1 - الخلية الكبيرة التى نراها تمثل خلية جلد على الأنف. وتظهر على سطحها بروتينات تحقيق الشخصية (الخضراء اللون) وهى توضح لخلايا الدفاع أنها ليست خلايا غريبة وتنتمى إلى الجسم. ثم يأتى فيروس البرد الصغير (الشكل الأصفر المستدير) الذى يحتوى على بروتينات تحقيق الشخصية (الزوائد الحادة الصفراء) الخاصة به والتى تمثل بروتينات غريبة عن الجسم ثم يغزو الخلية.

2 - بعد غزو الخلية بالفيروس تصبح فى حالة سيئة ولكنها قبل أن تموت ترسل أجزاء من الفيروس (مولدات المضاد الفيروسية) إلى غشائها لتعرضها هناك (الأشكال الصفراء الحادة). وبهذا فكأنها تصرخ وتقول "انتبهى يا خلايا (ت) القاتلة فلقد أصبت بعدوى الفيروس وأطلب منك أن تدمرينى سريعا قبل أن أنتج فيروسات جديدة".

3 - وهنا تهرع الخلايا القاتلة ، فهى مدربة على التعرف على خلايا الجسم التى تعرض على سطحها بروتينات تحقيق الشخصية الخاصة بها (الجسيمات الخضراء) وأيضا بروتينات مولدات المضاد الفيروسية (الجسيمات الصفراء). فتلتصق الخلية القاتلة عن طريق بروتين مستقبل على سطحها (الأحمر) بالخلية المصابة. فيرتبط المستقبل بجزأين على الخلية المصابة: الجزء الأول هو مولد المضاد الفيروسى (الأصفر) والجزء الثانى هو بروتين تحقيق الشخصية الخاص بالخلية (الأخضر). وبعد هذا الارتباط فإن الخلية القاتلة تعرف شيئين : الأول: أن هذه الخلية هى خلية من الجسم وليست غريبة (من الارتباط بالبروتينات الخضراء) الثانى: أن خلية الجسم هذه تحتوى على فيروسات (من الارتباط بالبروتينات الصفراء).

4 - تقوم الخلية القاتلة (ت) بحقن سمومها داخل الخلية المعدية فينتج عن ذلك تدمير الخلية والفيروسات بداخلها. ثم تسبح الخلية القاتلة (ت) بعد ذلك لتبحث عن خلايا أخرى مصابة بهذا الفيروس لتدمرها.





الإحساس بالمرض

عندما تغزو الميكروبات الجسم فإنها تتكاثر بطريقة سريعة جدًا. وفى الوقت نفسه تبدأ خلايا جهاز المناعة فى إنتاج أعداد هائلة من الأجسام المضادة ومن الخلايا القاتلة المصممة على مقاس الميكروب الغازى. وتستغرق هذه العملية بعض الوقت. وخلال فترة الإعداد هذه نشعر بالمرض ونعانى منه.

ولدهشتنا نجد أن الميكروبات ليست هى السبب فى أعراض المرض مثل الحمى والشعور بالضعف. إنه جهاز المناعة الذى يقوم بهذا. فهو يرسل مواد تأمر الجسم بأن يشعر بالضعف والمرض وكأنه يقول : اذهب واسترح على السرير! لا ترهق بدنك! لا تستنفد طاقة جسمك لأن خلايا المناعة تحتاج بشدة إلى هذه الطاقة".

ولماذا نصاب بالحمى؟

تعتبر الإصابة بالحمى من الوسائل التى تساعد على شفاء الجسم. فالحمى تزيد من عملية إنتاج الأجسام المضادة وتنشط تكاثر الخلايا التائية القاتلة . وتستغرق الخلايا القاتلة أيامًا قليلة للقيام بعملها وتدمير كل الميكروبات. وبعدها بالطبع نشعر بالتحسن فى صحتنا من جديد.

وكما رأينا فإنها مهمة صعبة أن يتم التعرف على الميكروب الغازى أولاً ثم أن يتم بناء وإنتاج الأسلحة من الألف إلى الياء للتخلص من هذا الميكروب بعينه. فهذه العملية تستغرق وقتا طويلا وجهدا كبيرا. ولكن هناك طريقا مختصرا.

لماذا نصاب بالحصبة مرة واحدة فى حياتنا يا أستاذ؟

بعد أن تنتهى خلايا المناعة من محاربة ميكروب معين مثل ڤيروس الحصبة، فإنه يتم إنتاج كمية كبيرة من نوع من أنواع الخلايا الدفاعية تسمى خلايا الذاكرة. فهذه الخلايا تحفظ فى ذاكرتها شكل ڤيروس الحصبة جيدا ، وتنتج كميات هائلة من الأجسام المضادة المصممة خصيصا لهذا الڤيروس لاستخدامها فى المستقبل. وإذا عاد ڤيروس الحصبة تقوم خلايا الذاكرة بالتعرف على الڤيروس مرة أخرى وعلى الفور تعد له مزيدا من الأجسام المضادة. ويؤدى هذا الهجوم المبكر من قبل الأجسام المضادة وخلايا الذاكرة إلى الإطاحة بالميكروب الغازى حتى قبل أن يبدأ فى التكاثر.

وإذا كنت قد أصبت بالحصبة من قبل فإنه من غير المحتمل أن تصاب بها مرة أخرى حتى لو ذهبت لزيارة صديق مصاب بها. فخلايا الدفاع فى جسمك تعرف الآن كيف تحارب ڤيروس الحصبة جيدًا. ونقول حينئذ "إن عندك مناعة".



انظروا جيداً إلى خلايا الذاكرة التى أمامنا. إنها خلايا الدم البيضاء التى تتذكر الجراثيم التى سببت لنا العدوى من قبل.

ولماذا نصاب بالبرد المرة بعد الأخرى؟

لأن جراثيم البرد تغير أشكالها. ففيروس البرد الذى سوف يصيبنا هذا العام يختلف عن فيروس البرد الذى أصابنا العام الماضى. فخلايا الذاكرة تتذكر شكل فيروس العام الماضى ولكنها لم تقابل حتى الآن فيروس هذا العام والذى له شكل جديد ولهذا لا توجد حشود جاهزة من الخلايا الدفاعية المتخصصة لمحاربة الفيروس الجديد.

مسـانـدة أبطـال جسـ

تستخدم المضادات الحيوية فى القضاء على البكتريا . فمضاد البنسيلين (تنتجه نوع من الفطريات) يمنع البكتريا من بناء جدار خلوى جديد بعد انقسامها وبهذا يحد من تكاثرها ويقضى عليها. ويجب ألا نتناول المضادات الحيوية إلا عند الضرورة كما يوصى بها الطبيب ، وذلك لأنها لا تقتل البكتريا الضارة فحسب ، ولكنها تقتل البكتريا المفيدة أيضا .

وهل يمكن استعمال المضادات الحيوية للقضاء على الڤيروسات؟

لأن الفيروسات تختلف عن البكتريا، فالمضادات الحيوية لا تؤثر فى الڤيروسات أبدًا. لذلك فإن عبءمحاربة الڤيروسات يقع على خلايا المناعة وحدها. وفى هذه الحالة يكون التطعيم هو الطريقة الوحيدة لمساعدة خلايا المناعة فى جهادها المستمر.

كيف يعمل التطعيم على القضاء على الڤيروسات؟

يعتبر التطعيم إحدى الحيل الذكية لإعداد خلايا المناعة لمواجهة هجوم ڤيروسى فى المستقبل. فالتطعيم يحتوى على ميكروبات ميتة أو ضعيفة وعندما يدخل الطعم إلى الجسم فإن خلايا المناعة تعامل الميكروبات الميتة وكأنها حية وذلك لأن كلا منهما (الحية والميتة) تحتوى على نفس البروتينات (مولدات المضاد) التى تهم خلايا المناعة، فتبدأ هذه الخلايا فى إنتاج الأجسام المضادة المتخصصة لتلتصق بهذا النوع من مولدات المضاد. وتظل خلايا الذاكرة تتذكر مولدات المضاد الخاصة بالميكروب الميت بحيث إنه فى حالة غزو نفس الشكل من الميكروب للجسم فى المستقبل فإن خلايا المناعة تكون مستعدة للقائه والقضاء عليه فى الحال. وتستمر المناعة معنا طوال فترة حياة خلايا الذاكرة التى قد تصل إلى عدة سنوات. ويمكن الحصول على الأجسام المضادة من الحيوانات مثل الحصان والخروف لإعطائها لإنسان حتى يكون مفعولها سريعا وفوريا، وإن كان جسم الإنسان لا يحفظها فى الذاكرة لأنها صنعت خارجه.

أستاذنا وهل من الممكن أن نتعاطى تطعيم ضد.... "آتشووووه"؟

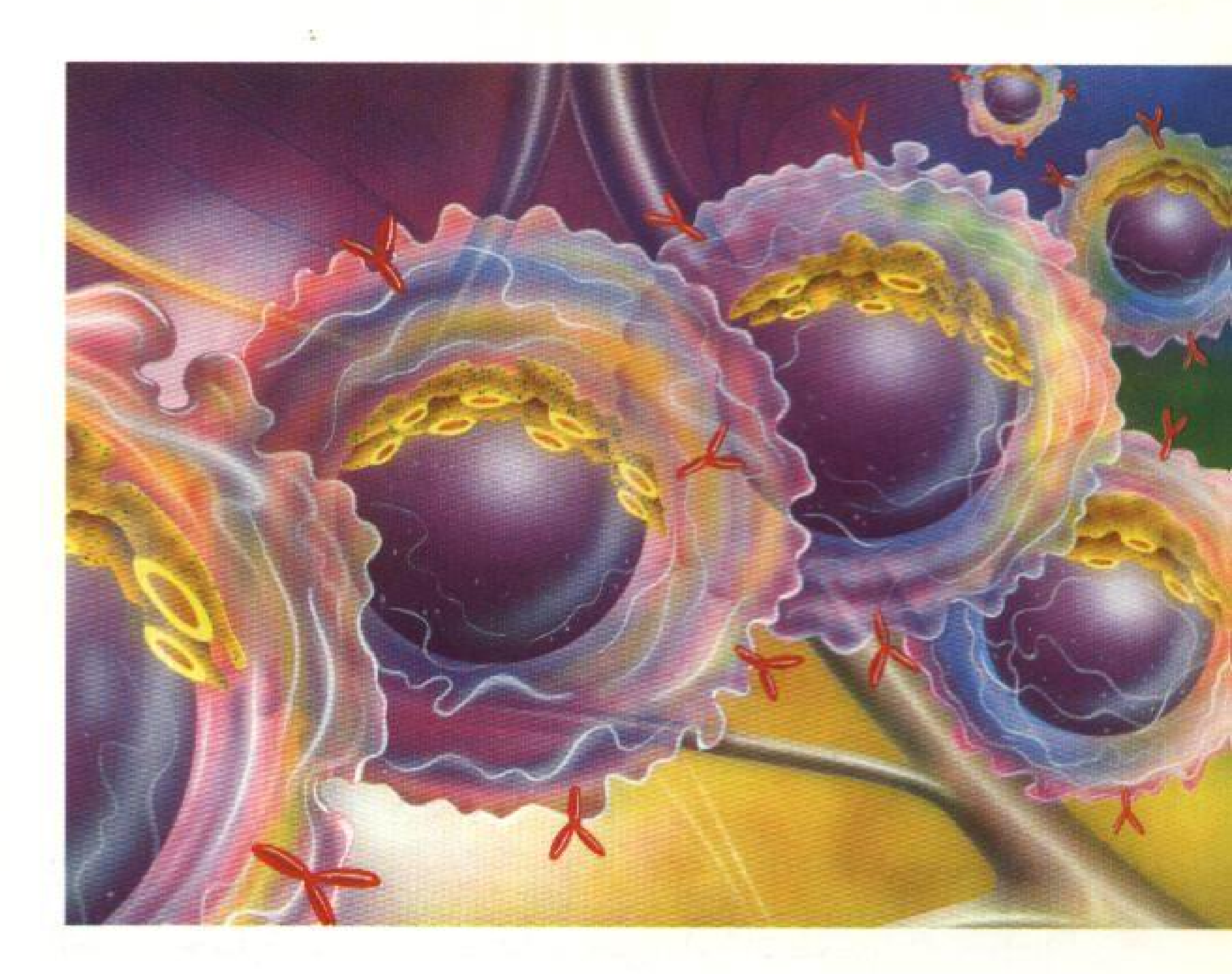
يرحمكم الله. للأسف لا يوجد تطعيم ضد البرد، وذلك لأن ڤيروس البرد يغير من شكله بصفة مستمرة. لا تقلق يا صديقى، فبمجرد أن تتعرف خلايا المناعة على هؤلاء الغزاة فإنها سوف تقوم بعمل اللازم لتدمرهم. ألا يستحق جهاز المناعة تقديرنا بجدارة ؟!

ولهذا يجب أن تكون صبورا، وثق أن خلايا المناعة أبطال جسمك تحارب ببسالة للدفاع عنك.

والآن هيا بنا نخرج من الأنف لنعود إلى أحجامنا الطبيعية قبل أن... آتشوووووه!!

ـمنا البـــواســـل

آتشـــووووه!!!



الإجابة الصحيحة هى 2. فعندما يدخل الڤيروس خلية الجسم السليمة فإن چينات الڤيروس تمنع الخلية من القيام بعملها الطبيعى وتسخرها لإنتاج المزيد من الڤيروسات.

البكتريا تسبب :

1 - الأنفلونزا
2 - الحصبة
3 - مرض الكلب
4 - تسوس الأسنان
5 - الكوليرا

الإجابة الصحيحة هى 4 و 5. فتسوس الأسنان ينتج من فضلات البكتريا التى تعيش على السكر فى الفم. ويعتبر هذا المرض من أكثر الأمراض شيوعا ويعانى منه الكثير من الناس. وبالمقارنة بالكوليرا فإن تسوس الأسنان مرض لا يضر كثيرا. أما الأنفلونزا والحصبة ومرض الكلب فكلها أمراض تسببها الڤيروسات.

المادة المسببة للحمى هى :

1 - البكتريا
2 - الفيروسات
3 - رسائل كيمائية ينتجها الجسم

الإجابة الصحيحة هى 3. فعندما يكون جسمك فى حالة عدوى شديدة من البكتريا أو الفيروسات، فإنه يفتح صمام التسخين الداخلى. فالارتفاع المصاحب فى درجة حرارة الجسم يعجل من عملية الشفاء.

ماذا تتذكر؟

تسمى المواد التى تساعد الجسم فى محاربة عدوى البكتريا :

1 - الأجسام المضادة
2 - مولدات المضاد
3 - المضادات الحيوية

الإجابة الصحيحة 1 و 3.

بالمقارنة مع البكتريا تعتبر الفيروسات :

1 - أصغر
2 - ميتة
3 - عندها مقاومة للمضادات الحيوية

الاجابة الصحيحة 1و 2و 3.

تسبب لنا الفيروسات المرض بواسطة :

1 - التهام خلايا الجسم
2 - غزو خلايا الجسم وتسخيرها لإنتاج ڤيروسات أكثر
3 - إحداث تسمم للخلايا المصابة



تميز الخلايا الدفاعية الأصدقاء عن الأعداء بواسطة:

1 ـ المذاق
2 ـ مولدات المضاد
3 - السلوك

الإجابة الصحيحة هى 2. فمولدات المضاد لا توجد عادة فى الجسم. وبمجرد أن تراها خلايا الدفاع فإن خلايا البلازما تنتج كميات كبيرة من الأجسام المضادة وتهاجم الخلايا القاتلة الخلايا المعدية.

تتعامل خلايا وأسلحة جهاز المناعة مع الميكروبات بواسطة:

1 ـ التهامها
2 ـ تسميمها
3 ـ عمل ثقوب فيها
4 ـ طردها

جميع الإجابات صحيحة. فالخلايا الآكلة تلتهم الميكروبات. والخلايا القاتلة (ت) تسمم الخلايا المصابة بالڤيروسات. والمفرقعات الكيميائية تحدث ثقوبا فى البكتريا المميزة بالأجسام المضادة. والشعيرات الدقيقة فى الخلايا المخاطية فى حركة مستمرة لطرد الميكروبات التى تصطادها بواسطة المادة المخاطية.

يتميز التطعيم بأنه:

1 ـ يحارب العدوى بواسطة الأجسام المضادة المنتجة فى الحيوانات
2 ـ يساعد الجسم فى إنتاج أجسام مضادة بدون حدوث المرض
3 ـ يستخدم ڤيروسات زائفة لا تضر

كل الإجابات صحيحة. ففى حالة التطعيم السلبى تستخدم الأجسام المضادة التى تم إنتاجها فى أجسام الحيوانات وتحقن فى مجرى الدم فى جسم الإنسان لتعطى حماية سريعة ضد الفيروس. أما التطعيم الإيجابى فإنه يستخدم ڤيروسات زائفة غير ضارة لحقنها فى الجسم ويستجيب الجسم لها بإنتاج أجسام مضادة ضد مرض معين. ويحدث كل هذا بدون أن نشعر بأعراض المرض.



تعريفـــات مهمـــة

الأجسام المضادة : Antibodies بروتينات تنتجها خلايا المناعة لتساعد فى قتل الميكروبات.

الأغشية : Membranes طبقة رفيعة من الدهون تحتوى على بروتينات. والغشاء يحمى الخلية من العالم الخارجى ويساعد على التصاق الخلايا ببعضها ويستقبل ويرسل الرسائل من وإلى خلايا الجسم.

الالتهابات : Inflammations تغييرات تحدث فى مواقع المعارك بين خلايا المناعة والميكربات.

الأمراض البكتيرية : Bacterial diseases أمراض تسببها البكتريا عن طريق إفراز سموم للخلايا، وإعاقة خلايا الجسم عن أداء وظائفها أو قتلها. فالكوليرا وعدوى الأنف والدمامل كلها أمراض تسببها أنواع مختلفة من البكتريا.

الأمراض الفيروسية : Viral diseases أمراض تسببها الفيروسات مثل الأنفلونزا و مرض الكلب.

الخلايا اللمفاوية (ب) : B cells خلايا دم بيضاء متخصصة فى إنتاج الأجسام المضادة.

البروتينات : Proteins وحدات بناء الخلايا الحية وهى الأدوات التى تستخدمها الخلية فى الأنشطة العديدة التى تقوم بها . ويتم تصنيعها طبقا لوصفة فى الچينات.

البروتينات المتممة : Complement proteins مجموعة من البروتينات المختلفة تحدث ثقوبا فى أغشية البكتريا.

البكتريا : Bacteria كائنات دقيقة تتكون من خلية واحدة فقط وهى أصغر من خلايا الجسم. وهناك آلاف الأنواع منها وبعضها مفيد للجسم والبعض الآخر ضار ويسبب الأمراض.

التطعيم : Vaccination يعد خلايا المناعة لمواجهة هجوم من ميكروب معين فى المستقبل.

الجلد : Skin الغطاء الخارجى لجسم الإنسان وهو يحميه من الميكروبات ويمنعها من غزو مجرى الدم.

جهاز المناعة : Immune system الجهاز المختص بمحاربة الميكروبات. وهو يتكون من بلايين من خلايا الدم البيضاء والأسلحة التى تنتجها. و يوجد منها أنواع مختلفة تعمل معا لتحفظ الجسم خاليا من الميكروبات.

جهاز المناعة المتخصص : Specific Immune System جهاز يتكون من خلايا الدفاع المتخصصة مثل خلايا (ب) وخلايا (ت) التى تستجيب لهجوم ميكروب معين .

الچينات : Genes أجزاء من الحمض النووى دنا توجد فى النواة ويحتوى كل چين على عدة آلاف من الكلمات الشفرية التى تمثل معلومات ووصفات لصنع البروتينات.

الحمـض النـووى دنـا : DNA الكلمـة اختصـار acid deoxyribonucleic وهو عبارة عن خيوط رفيعة جدا وتأخذ شكل السلم الحلزونى ويحتوى على الجينات الوراثية.

الخلايا الآكلة الكبيرة : Macrophages نوع من خلايا الدم البيضاء تسبح فى الدم مثل عساكر الدورية لتلتهم الميكروبات والخلايا المصابة.

خلايا البلازما : Plasma cell خلايا الدم البيضاء التى تنتج أجساما مضادة.

خلايا (ت) القاتلة : Killer T cells خلايا مناعة تدمر خلايا الجسم المصابة بالفيروسات.

الخلايا الحية : Cells كائنات حية دقيقة. ويوجد حوالى 200 نوع مختلف من الخلايا تكون جسم الإنسان وتحافظ عليه حيا. ومعظم هذه الخلايا صغيرة جدا بحيث إن 100 خلية مرصوصة بعضها إلى جوار بعض تأخذ حيزا طوله أقل من٢ ملليمتر.

خلايا الدم البيضاء : White blood cells توجد فى أنواع عديدة وهى تتربص بالميكروبات فى كل لحظة من أجل القضاء عليها.

خلايا الذاكرة : Memory cells خلايا الدم البيضاء التى تتذكر الميكروبات التى غزت الجسم فى الماضى ولهذا يمكن إعداد خلايا دفاعية متخصصة لمحاربة ميكروب معين بدون أى تأخير.

الخلايا العائلة : Host cells خلايا الجسم التى تصاب بالفيروسات أو البكتريا

الدم : Blood سائل لزج أحمر اللون يتكون من سائل شفاف يسمى البلازما وخلايا دم. وهو يحمل المواد الغذائية والأكسجين وكثيرا من المواد الأخرى إلى جميع أنحاء الجسم ويتخلص من السموم والفضلات. كما يحتوى على العديد من الخلايا المختلفة.

الطفيليات : Parasites كائنات تعيش على غذاء الكائن الحى الذى تعيش عليه أو داخله.

الغدة الصعترية : Thymus gland غدة توجد تحت العنق وهى موقع إنتاج الخلايا (ت) القاتلة.

الفطريات : Fungi هى جراثيم تعيش على سطح الجسم وداخله وتسبب أمراضا مثل مرض قدم الرياضى وبعض الأمراض الخطيرة الأخرى.

الفيروسات : Viruses ميكروبات ضئيلة جدا لا تستطيع أن تعيش بطريقة مستقلة. فهى تحقن چيناتها داخل خلايا الجسم وتسخرها لإنتاج فيروسات جديدة.

فيروسات الهربيز : Herpes viruses تغزو خلايا الجلد وتسبب قرحا جلدية.

اللمف : Lymph سائل شفاف ينساب فى شبكة من الأوعية الخاصة به فى جميع أنحاء الجسم.

المادة المخاطية : Mucus سائل لزج تنتجه خلايا متخصصة ويحتوى على مواد لقتل البكتريا.

المضادات الحيوية : Antibiotics مواد كيميائية تقتل البكتريا وتمنع تكاثرها.

مولد المضاد : Antigen عند دخول أى جسيم غريب للجسم يتم إنتاج أجسام مضادة وخاصة به ولهذا سمى بمولد المضاد.

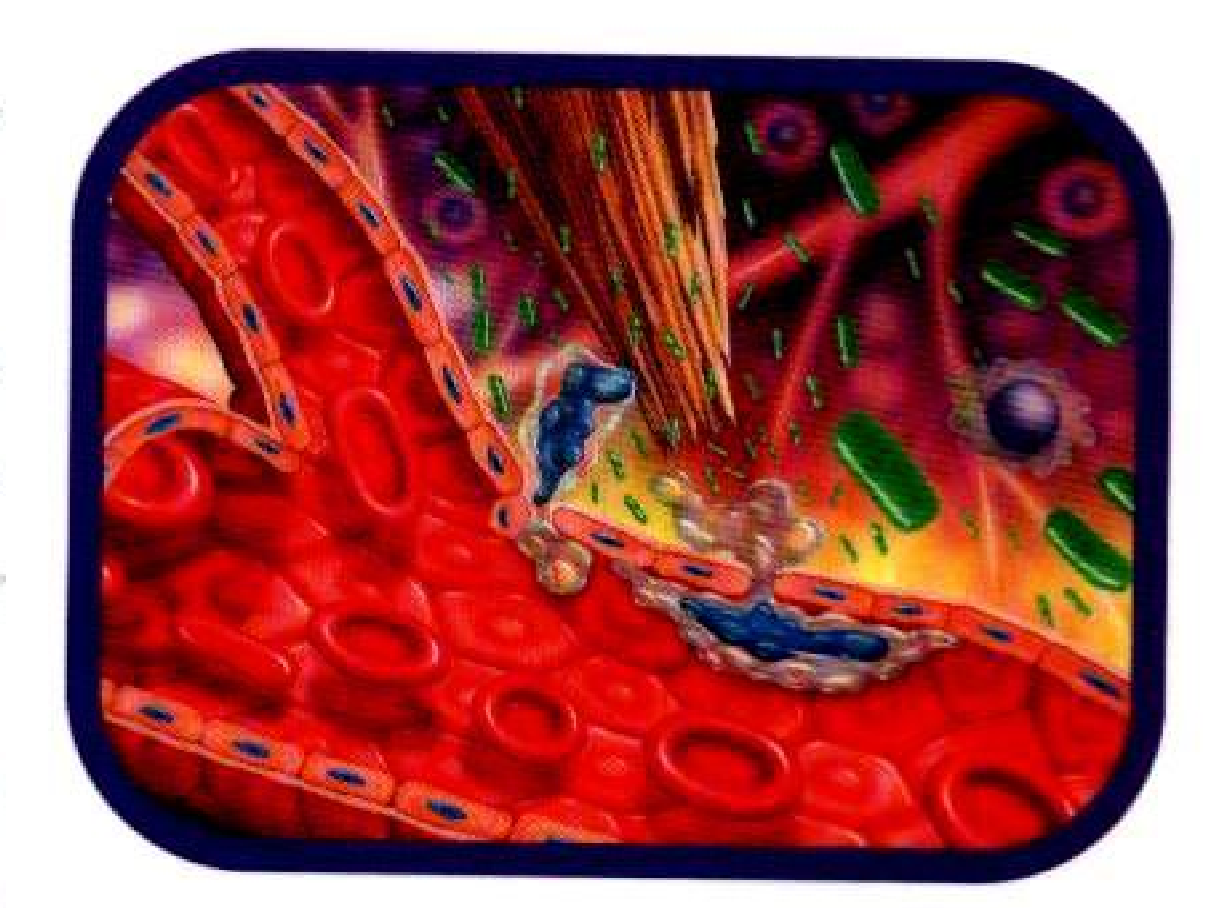
الميكروبات : Microbes كائنات دقيقة مثل البكتريا والفيروسات والفطريات والطفيليات التى تعيش فى الكائنات الحية.

نخاع العظام: Bone marrow الجزء الداخلى للعظام وهو الموقع الخاص بإنتاج خلايا الدم الحمراء والبيضاء الجديدة.

كشـــــاف

أبطال جسمك و أشراره

المستكشفون الميكروسكوبيون



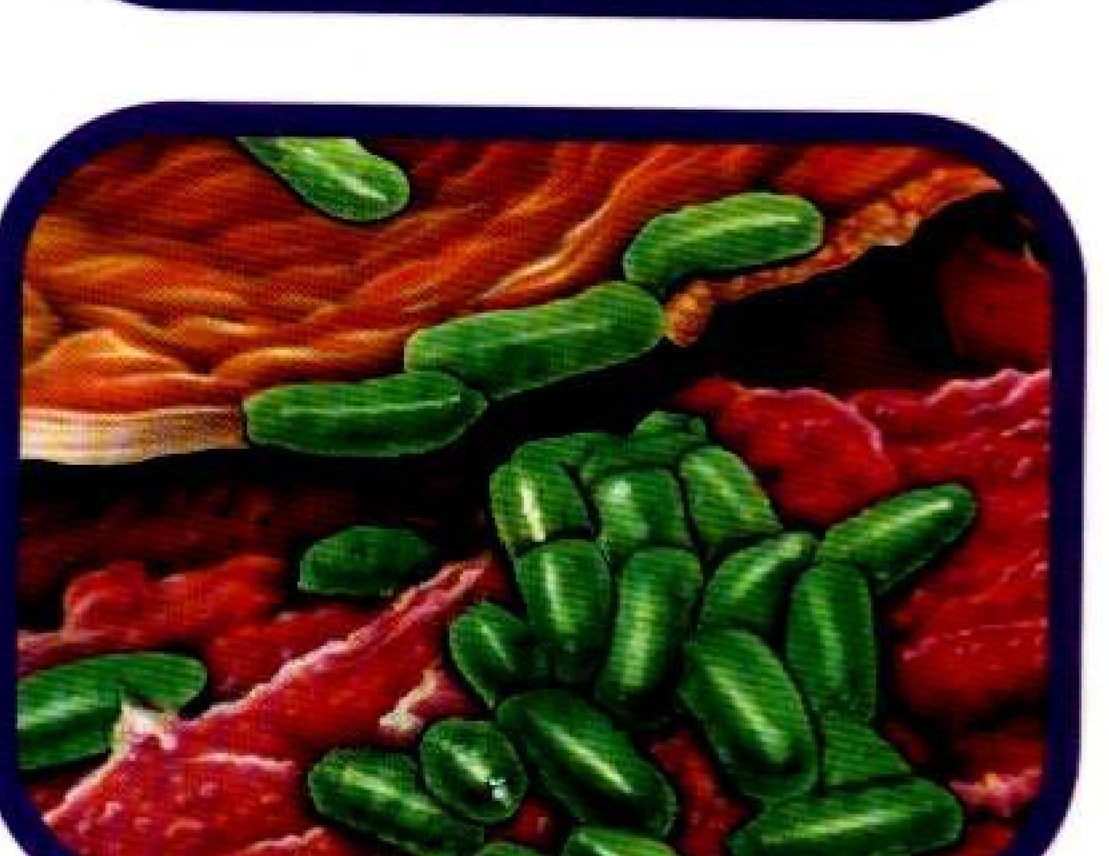
«**المستكشفون الميكروسكوبيون**» تصطحب قراءها من الفتيان والفتيات - وكذلك الكبار المهتمين بالعلوم - فى رحلة تعليمية مثيرة فى عالم الخلايا المجهول وما وراءه.

وحتى يمكن الاطلاع على الأشياء الدقيقة، يدخل المستكشفون الميكروسكوبيون داخل الآلة الميكروسكوبية، التى تنكمش بحيث يتضاءل حجمها وحجم من فيها ؛ حتى يصيروا من الصغر بما يمكنهم من :



- دخول الجسم والتعرف على الخلايا.
- رؤية واستكشاف الأعضاء الداخلية ومكوناتها.
- فهم آلية جسم الإنسان، وكيف تعمل أعضاؤه لتستمر الحياة.





وقد قام بكتابة «**المستكشفون الميكروسكوبيون**» فريق مميز من أكفأ العلماء والكتّاب فى مجال الكيمياء الحيوية وكتب الأطفال التعليمية. وهى تقدم شرحًا مميزًا وجذابًا لتلك الأجهزة والعمليات العضوية التى تشكل نمو جسم الإنسان وتطوره وعمله .

فى هذه السلسلة :

- **عالم الخلية العجيب**
- **أبطال جسمك وأشراره**
- **عالم الكروموسومات العجيب**
- **عالم الجينات العبقرية**

دار الشروق

القاهرة : 8 شارع سيبويه المصرى - رابعة العدوية - مدينة نصر ص.ب 33 البانوراما

تليفون: 4023399 فاكس: 4037567 (202)